

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA
Departamento de Anatomía y Embriología Humana



TESIS DOCTORAL

Desarrollo de las fascias del cuello

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Pedro López Fernández

Director

Jorge Alfonso Murillo González

Madrid, 2019

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE MEDICINA

Departamento de Anatomía y Embriología



DESARROLLO DE LAS FASCIAS DEL CUELLO

TESIS DOCTORAL

Pedro López Fernández

Madrid, 2018

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE MEDICINA

Departamento de Anatomía y Embriología



TESIS DOCTORAL

“Desarrollo de las fascias del cuello”

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Pedro López Fernández

Director

Jorge Alfonso Murillo González

Madrid, 2018

D. Jorge Alfonso Murillo González, Profesor Titular de Universidad del Departamento de Anatomía y Embriología de la Universidad Complutense de Madrid.

CERTIFICA:

Que D. Pedro López Fernández, ha realizado bajo mi dirección el trabajo titulado “Desarrollo de las fascias del cuello”. Que a mi juicio reúne las condiciones para optar al Grado de Doctor. Para que así conste, firmo el presente certificado en Madrid a 30 de mayo del año 2018.

Vº Bº Director de la Tesis Doctoral

Fdo.: Prof. Jorge A. Murillo González

DEDICATORIA

A mis abuelos, por enseñarme los frutos que se pueden llegar a recoger de los campos que sembraron durante tantos años.

A mi madre, porque su cariño y sus consejos los recuerdo a diario.

A Alicia, por su amor incondicional.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer esta tesis a mi mujer, puesto que sin ella este trabajo no hubiera sido posible. Gracias por TODO, por haber estado a mi lado en el día más feliz de mi vida y en los peores momentos. *8DAW!*.

También a mi familia, por el apoyo que me han dado siempre. Y a mi familia que gané hace unos pocos años y que desde el primer día me tratasteis como un miembro más... muchas gracias por el apoyo máximo que me dais a diario. Y a Chloe, porque su sonrisa hace que me derrita.

Gracias al Prof. Jorge Murillo, por su excelente dirección de tesis, su apoyo y sus correcciones. Es un gusto tratar con una persona así, del que aprendo algo cada vez que hablo con él.

Gracias a Ramón, mi mentor, porque desde hace muchos años me enseñó a amar la Anatomía y sin su colaboración no hubiera sido posible realizar este trabajo. Gracias a Luis, a Croti y a todo el Departamento de Anatomía Humana y Veterinaria. No me puedo olvidar de Ana, por todo lo que me ha ayudado y por ser la mejor y más eficiente secretaria.

Me gustaría agradecer a todos mis compañeros del Servicio de Cirugía General del Hospital Rey Juan Carlos, del Hospital Virgen de la Luz y del Hospital de Fuenlabrada, puesto que de todos vosotros he aprendido algo que puedo poner en práctica en mi día a día. Gracias a Manuel Durán, mi primer tutor y actual Jefe de Servicio y a Pedro Artuñedo, excelente compañero al que guardo un gran aprecio.

Gracias a todos mis profesores, especialmente a Laureano, mi mentor quirúrgico, un docente volcado en transmitir a sus alumnos mucho más que meros conocimientos y mi referente en cómo se debe enseñar en la universidad.

Y gracias a Cati y a Ringo... aunque no podáis leerlo, por el amor que transmitís a diario y la compañía en los momentos más duros.

ÍNDICE

1. RESUMEN	6
2. INTRODUCCIÓN	14
3. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	63
4. MATERIAL Y MÉTODOS	67
5. RESULTADOS	75
6. DISCUSIÓN	121
7. CONCLUSIONES	137
8. BIBLIOGRAFÍA	139
APÉNDICE 1	154
APÉNDICE 2	158

RESUMEN DE LA TESIS

1. RESUMEN DE LA TESIS

DESARROLLO DE LAS FASCIAS DEL CUELLO

Introducción:

A pesar de conocerse las fascias desde hace siglos, no ha habido un mayor interés por su estudio hasta la actualidad, tratándose como tejidos que, en las disecciones, se desechaban para poder acceder a las estructuras consideradas como más importantes: músculos, órganos, nervios y vasos.

En 2007 en el *International Fascia Research Congress*, se propuso la siguiente definición: “todo tejido blando que forma parte del tejido conjuntivo que se extiende por todo el cuerpo humano, incluyendo: todos los tejidos conjuntivos fibrosos, aponeurosis, ligamentos, tendones, retináculos, cápsulas articulares, envueltas viscerales y vasculares, el epineuro, las meninges, el periostio y todo el endomisio y fibras intermusculares de la miofascia”.

En el cuerpo humano, las fascias forman una red continua, distinguiéndose dos sistemas: uno superficial, en relación al tejido celular subcutáneo, y otro profundo, en relación a la musculatura (miofascia), las vísceras (viscerofascia) y sistema nervioso periférico. Entre ambos sistemas existen numerosas conexiones.

Las fascias están formadas por células y matriz extracelular. Las células más abundantes son los fibroblastos, que son los encargados de segregar la matriz extracelular y son capaces de modificar al medio mediante cambios en la transcripción de ADN (mecanotransducción). Además, son tejidos con una inervación mecánica y propioceptiva muy abundante.

Se consideran funciones de las fascias: protección, mecánica, formación de compartimentos, soporte del equilibrio y la postura corporal, nutrición de los tejidos y coordinación hemodinámica. Además, se ha observado que las fascias

participan en patologías como el dolor miofascial, fibromialgia o enfermedad de Dupuytren, entre otras.

En el cuello, las fascias se disponen delimitando tres planos musculares (superficial, medio y profundo), la fascia visceral y la fascia vasculonerviosa. En la literatura, no existe consenso en cuanto a sus denominaciones, generando confusión en su nomenclatura. Pese a no estar descrita en los tratados clásicos de anatomía, existe una estructura llamada fascia alar, que se extiende entre ambos paquetes vasculonerviosos en el espacio retrovisceral de gran importancia clínica en la propagación de infecciones y tumores.

Existen pocos trabajos que traten sobre su desarrollo embrionario. Hay estudios que han observado que la fascia del plano medio aparece a las 12 semanas del desarrollo y la del plano profundo a la 9ª-12ª semana, al igual que la fascia alar. La fascia visceral parece desarrollarse más tarde, sobre la 18ª semana. La fascia del paquete vasculonervioso comienza su formación entre la 12ª y la 15ª semana. Se ha observado que el estrés mecánico producido con la contracción muscular y el desarrollo de vasos y nervios estimula la formación de las fascias.

Objetivos:

Estudiar el desarrollo de las fascias del cuello y los factores que influyen en su formación. Revisar la terminología anatómica y establecer una nomenclatura común.

Material y Métodos:

Se han estudiado 27 embriones de entre 6-8 semanas de desarrollo (estadios 17-23 de Carnegie) y 25 fetos de entre 9-12 semanas de desarrollo, todos ellos pertenecientes a la Colección del Instituto de Embriología de la Universidad Complutense de Madrid. Además, se han utilizado 5 cadáveres adultos, depositados en el Centro de Donación de Cuerpos y Salas de Disección de la Universidad Complutense, de los cuales se ha disecado el cuello en 2, realizando secciones transversales en otros 2 y secciones sagitales en un espécimen.

Resultados y Discusión:

Nuestro trabajo demuestra la presencia durante el desarrollo de unos estadios bien definidos:

- Estadio blastemático, al principio de la 6ª semana de desarrollo.
- Estadio de alineamiento mesenquimal, al final de la 6ª semana de desarrollo.
- Estadio fibroblástico, en la 7ª semana de desarrollo.
- Estadio fascial, a partir de la 8ª semana de desarrollo.

Las células mesenquimales que recubren a los diferentes músculos, comienzan a alinearse para, posteriormente, diferenciarse en fibroblastos, comienzan a segregar fibras colágenas que, finalmente, formarán las fascias. En la 7ª semana de desarrollo, hemos observado que los lugares donde comienza la formación de las fascias es en los puntos de proximidad entre estructuras vecinas.

En la 6ª semana de desarrollo se forma la fascia alar se forma en la zona retrofaríngea, en relación al comienzo de los movimientos de deglución del embrión y el ascenso de la faringe. Consideramos que el estrés mecánico que se produce estimula el desarrollo de la fascia alar.

Durante el desarrollo embrionario se observa la relación de la fascia que cubre la cara profunda del músculo esternocleidomastoideo con la fascia vasculonerviosa y la laguna linfática cervical en el tercio medio del cuello. Sugerimos que dicho músculo participa en facilitar la circulación sanguínea y linfática.

La fascia visceral comienza a desarrollarse en su parte posterior y anterior finalizándolo en ambas partes laterales en torno a la 10ª semana de desarrollo. En el triángulo posterior del cuello, es posible identificar la fascia del plano muscular superficial a la 10ª semana de desarrollo.

Tras el estudio de embriones, fetos y especímenes adultos, quedan confirmadas las funciones de las fascias. Por otro lado, también sugerimos que las

fascias visceral y vasculonerviosa tienen un desarrollo y una función similar al de la fascia muscular.

Conclusiones:

Hemos comprobado el origen mesenquimal de las fascias, establecido unos estadios durante el desarrollo embrionario y definido los puntos de formación de las fascias. Hemos comprobado la presencia de la fascia alar y sugerimos que se forma como consecuencia de los movimientos del eje visceral del cuello. Se han comprobado las diferentes funciones de las fascias y se ha propuesto una terminología basada en el desarrollo embrionario.

DEVELOPMENT OF THE CERVICAL FASCIAE

Introduction:

Despite knowing fascias for centuries, there has been no major interest in their study to the present, treating them as tissues that in dissections were discarded in order to access the structures considered most important: muscles, organs, nerves and vessels.

The International Fascia Research Congress, in 2007, redefined fascia as "the soft tissue component of the connective tissue system that permeates the human body, including: all fibrous connective tissues, aponeuroses, ligaments, tendons, retinaculae, joint capsules, organ and vessel tunics, the epineurium, the meninges, the periosteum, and all the endomysial and intermuscular fibers of the myofasciae".

The fasciae in the human body form a continuous network, distinguishing two systems: superficial, in relation to the subcutaneous tissue, and deep, in relation to muscles (myofascia), organs (visceral fascia) and peripheral nervous system. Between both systems, there are numerous connections.

Fascias are formed by cells and extracellular matrix. The most abundant cells are the fibroblasts, which are responsible for secreting extracellular matrix

and are able to modify the environment through changes in DNA transcription (mechanotransduction). Moreover, fascias are tissues with abundant mechanical and proprioceptive innervation.

Fascias have the following functions: protection, mechanical, formation of compartments, support of balance and body posture, nutrition of tissues and hemodynamic coordination. In addition, it has been observed that fascias participate in pathologies such as myofascial pain, fibromyalgia or Dupuytren's disease, among others.

In the neck, the cervical fasciae is arranged in three fascial layers (superficial, middle and deep), the visceral fascia and the carotid sheath. In the literature, there is no consensus and there is confusion regarding its nomenclature. Despite not being described in Anatomy textbooks, there is a structure called alar fascia, which extends between both vascular sheaths in the retrovisceral space and it is very important in the spread of infections and tumors.

There are few studies that approach its embryonic development. There are studies that have observed the appearance of the pretracheal fascia at the 12th week of development and prevertebral fascia between week 9-12, as well as the alar fascia. The visceral fascia develops later, on the 18th week. The carotid sheath begins its formation between the 12th and the 15th week. It has been observed that mechanical stress generated with muscle contraction and the development of vessels and nerves stimulates the formation of fascias.

Objectives:

To study the development of the neck fasciae and factors that take part in its formation. Revise the anatomical terminology and establish a common nomenclature.

Material and Methods:

We have studied 27 embryos between 6-8 weeks of development (Carnegie stages 17-23) and 25 fetuses between 9-12 weeks of development, all of them

belonging to the Collection of the Institute of Embryology of Complutense University. Moreover, 5 adult cadavers have been used, from the Center for the Donation of Bodies and Dissection Rooms of Complutense University, from which the neck had been dissected in two cadavers, transverse sections were performed in another two, and sagittal sections were done on the last cadaver.

Results and Discussion:

Our study demonstrates the presence of well-defined stages during development:

- Blastematic stage, at the beginning of the 6th week of development.
- Mesenchymal alinement stage, at the end of the 6th week of development.
- Fibroblastic stage, in the 7th week of development.
- Fascial stage, from the 8th week of development.

Mesenchymal cells covering the muscles begin to line up to and differentiate into fibroblasts. These fibroblasts begin to secrete collagen fibers that will form fascias. We have observed that in the 7th week of development fascias begin to form at the point of proximity between two structures.

The alar fascia is formed in the retropharyngeal area in the 6th week of development. This formation is related to the beginning of the movements of swallowing of the embryo and the elevation of the pharynx. We consider that the mechanical stress that is produced stimulates the development of the alar fascia.

During embryonic development, there is a relationship between the fascia that covers the inner face of the sternocleidomastoid muscle, the vascular fascia and the cervical lymphatic lacuna in the middle third of the neck. We suggest that sternocleidomastoid muscle participates in facilitating blood and lymphatic circulation.

At the approximately 7th week of development, visceral fascia begins to develop in its anterior and posterior part and ends in both lateral parts around the

10th week of development. In the posterior triangle of the neck, it is possible to identify superficial muscular plane fascia at the 10th week of development.

After our study of embryos, fetuses and adult specimens, fascia functions are confirmed. We can also suggest that the visceral and vascular fasciae have development and function similarities to that of the muscular fascia.

Conclusions:

In this study, we have verified the mesenchymal origin of the fasciae. We established embryonic developmental stages and defined points of formation of the fascias. We have confirmed the existence of alar fascia and we have suggested that the fascia is formed as a consequence of movements of the visceral axis of the neck. Moreover, different functions of fascias have been studied and a new terminology based on embryonic development has been proposed.

INTRODUCCIÓN

2. INTRODUCCIÓN

2.1. LAS FASCIAS

2.1.1. Aponeurosis versus fascia.

Las aponeurosis y las fascias pertenecen desde el punto de vista histológico a los tejidos conjuntivos. Ambos términos han sido utilizados en numerosas ocasiones como sinónimos. Sin embargo, desde una aproximación histórica, podemos comprobar que no se tratan de estructuras superponibles.

El término *fascia* se empleaba para definir a la cinta o faja utilizada para envolver a los niños pequeños. Sin embargo, la primera referencia histórica (Hyrtil, 1880) que habla de las aponeurosis no se encuentra en el *Corpus hippocraticum*, sino que fue Galeno el que le da como significado “propagación nerviosa”. En la Edad Media, Avicena en el s. XI acuña el término *cagaban* como el tránsito entre ligamento (o hueso) y nervio (o músculo), una idea muy parecida a la que concibió Galeno. En el Renacimiento, Andrea Vesalio en su magna obra “*De humani corporis fabrica*”, define a las aponeurosis como tendones en referencia al extremo terminal del músculo a diferencia de la cabeza, que se originaba directamente en el hueso; mientras que las fascias eran nombradas como “*membrana musculorum proprias*” y Spiegel denominaba a las fascias a aquellos músculos con forma de cinta, como el músculo sartorio. En el s. XVII Stenon aclarará la concepción errónea de Vesalio refiriendo que todo músculo presenta dos tendones opuestos.

A finales del s. XVIII, Sömmerring define a las “aponeurosis” como aquellos tendones anchos y extendidos como una membrana y tanto él como Winslow llamaron a las fascias como aquellas vainas o membranas que envuelven a los músculos. Sin embargo, Bichat es el que genera la principal confusión entre aponeurosis y fascias al acuñar los términos: aponeurosis de inserción (en relación a las primeras) y aponeurosis de envoltura (en relación a las fascias). Esta

confusión se mantendrá para algunos autores hasta bien entrado el s. XX, como puede comprobarse en los textos de Rouvière y Orts Llorca, que continúan llamando a las fascias como aponeurosis de cubierta, aunque a finales del s. XIX, Gegenbaur y Braus ya realizaron la distinción entre ambos términos dando un carácter tendinoso a las aponeurosis (Hyrtil, 1880; Barcia-Goyanes, 1978).

De esta forma y como define Krstic en su Enciclopedia Ilustrada de Histología Humana (1984):

- **Aponeurosis:** Es un tejido conectivo denso y regular en el que se disponen haces ondulados paralelos de fibras de colágeno en varias láminas que presentan diferentes orientaciones entre ellas. Las células de la aponeurosis son similares a las células tendinosas con procesos largos y ramificados que siguen la dirección y el cruce de las fibras. Por lo tanto, la aponeurosis puede considerarse un tendón plano.
- **Fascia:** Es la vaina más externa del tejido conectivo denso de un músculo esquelético. En general, la cara interna de la fascia entra en contacto con el epimisio; en algunos casos, una fascia representa el sitio de inserción de las fibras musculares. Dicha fascia contiene menos fibras elásticas que aquellas que solo envuelven un músculo.

La FICAT (*Federal International Committee on Anatomical Terminology*), define a las fascias como aquellas vainas, láminas u otras formas de tejido conjuntivo disecables (Kumka y Bonar, 2012). En el libro de texto de Standring (2008), la fascia es definida como: masas de tejido conectivo lo suficientemente grandes como para ser visibles a simple vista. Su estructura es muy variable, pero en general, las fibras de colágeno en la fascia tienden a entrelazarse y rara vez muestran la orientación compacta paralela observada en los tendones y las aponeurosis. Las fascias que se organizan como condensaciones en la superficie de los músculos y otros tejidos se denominan fascias de revestimiento. Entre los músculos pueden adquirir la forma de tejido conjuntivo laxo o areolar y además constituye las envolturas de nervios, vasos sanguíneos y linfáticos.

En los últimos años un numeroso grupo de investigadores han centrado sus estudios en la estructura, biomecánica, función y patología de la fascias, habiéndose realizado algunos Congresos Internacionales sobre las mismas. Según el consenso alcanzado en el *International Fascia Research Congress* (2007), considera fascia al “tejido blando que forma parte del tejido conjuntivo que se extiende por todo el cuerpo humano, incluyendo: todos los tejidos conjuntivos fibrosos, aponeurosis, ligamentos, tendones, retináculos, cápsulas articulares, envueltas viscerales y vasculares, el epineuro, las meninges, el periostio y todo el endomisio y fibras intermusculares de la miofascia” (Guidera et al., 2014). Otros autores han publicado los acuerdos de congresos más recientes sobre la definición de fascias como aquel sistema de tejido conjuntivo que impregna el cuerpo humano y forman parte del sistema de transmisión de fuerza tensional de todo el cuerpo. En consecuencia, los tejidos fasciales son reconocidos como una red tensional interconectada que adapta la disposición de sus fibras y densidad a las demandas locales (Langevin y Huijing, 2009; Schleip et al., 2012).

Como hemos referido anteriormente, son conocidas desde la Antigüedad, pero han sido tratadas como el tejido sobrante en las disecciones anatómicas para alcanzar e identificar estructuras “nobles”: músculos, vasos sanguíneos o nervios (Pilat, 2003). En la actualidad, parece que es necesario ponerlas de manifiesto en las disecciones anatómicas. Las diferentes técnicas que se han utilizado para estudiarlas han sido: la disección anatómica clásica, el empleo de cadáveres congelados o la inyección de sustancias para que sea más fácil distinguir las fascias: agua, aire, líquidos coloreados, tinta, gelatina, pegamento líquido, soluciones con ácido crómico al 2% o incluso técnicas más novedosas como la plastinación (Von Hagens et al., 1987; Natale et al., 2015; Scali et al., 2015). Sin embargo, es muy diferente el estudio en cadáveres, ya que los procesos de conservación y fijación pueden alterar la estructura de las fascias con respecto a la observación directa de tejidos vivos e hidratados (Kumka y Bonar, 2012).

2.1.2. Estructura anatómica de las fascias.

Desde el punto de vista de la anatomía descriptiva, se reconocen diferentes planos fasciales que envuelven los músculos y las vísceras, existiendo además una continuidad entre las fascias de estructuras vecinas a lo largo de nuestro organismo (Pilat, 2003). Por lo tanto, podemos considerar que el cuerpo humano está dividido en compartimentos formados por las diferentes hojas de las fascias, llamados **espacios fasciales** (Kitamura, 2017). Estos espacios han sido recientemente estudiados y actualizados para ser adecuadamente interpretados por las pruebas de diagnóstico por imagen más actuales, como la tomografía computarizada o la resonancia magnética nuclear. También en el ámbito quirúrgico el estudio de las fascias se ha intensificado como parte de la seguridad quirúrgica, ya que su completo conocimiento permite evitar lesiones iatrogénicas de otras estructuras bajo las fascias cuando estas no son respetadas (Kitamura, 2017).

De forma global, las fascias presentan gran variabilidad individual debido a varios factores: edad, enfermedades o estrés mecánico, entre otros (Hayashi, 2007; Miyake et al., 2010).

Asimismo, las fascias no solo se encargan de funciones de sostén y conexión, sino que participan en la sincronización de todos los elementos anatómicos ya que producen sustancia intercelular e intervienen en los mecanismos de protección y reparación del organismo (Pilat, 2003). Debido a esta capacidad de integración e interconexión, de forma general no se habla de fascias, sino de **sistemas fasciales**.

Según la FICAT y Standring (2008), existen dos sistemas fasciales, superficial y profundo, aunque pueden generar confusión. Además, teniendo en cuenta que en la Nomenclatura Anatómica se han suprimido los epónimos, se considera incorrecto denominar a las fascias mediante epónimos: fascia de Scarpa, fascia de Camper, etc (Kumka y Bonar, 2012). Los sistemas fasciales no son independientes uno del otro, sino que poseen numerosas conexiones.

Los sistemas fasciales se pueden clasificar de la siguiente manera (Pilat, 2003):

- Sistema superficial.
- Sistema profundo:
 - Miofascia y estructuras del aparato locomotor.
 - Viscerofascia.
 - Tejido conjuntivo del Sistema Nervioso Periférico.

2.1.2.1. **Sistema superficial.**

La fascia superficial, es considerada por algunos autores (Guidera et al., 2014) como **fascia subcutánea** tal y como se muestra en la Tabla 1. Se encuentra en relación con el tejido celular subcutáneo ya que se dispone entre el plano subdérmico y la fascia muscular o sistema profundo.

Está formada por fibras de colágeno entrelazadas y empaquetadas débilmente y mezcladas con fibras elásticas (Benelazzo et al., 2011; Lancerotto et al., 2011) y divide al tejido celular subcutáneo en 2 capas (Macchi et al., 2010; Stecco C. et al., 2011):

- Capa superficial, que presenta grandes lóbulos de grasa entre septos fibrosos de forma más o menos constante y orientados perpendicularmente a la superficie, anclando a la dermis a los planos profundos (Tutusaus y Potau, 2015).
- Capa profunda, que presenta septos oblicuos con propiedades más elásticas que permiten el deslizamiento del tejido celular subcutáneo sobre la fascia profunda.

Desde el punto de vista filogenético, se relaciona con el *panniculus carnosus* que poseen otros mamíferos (Stecco C. et al., 2011). El espesor y la laxitud de la misma depende de cada región corporal, lo que condiciona el movimiento de la piel en algunas zonas donde se requiere más estabilidad, como las palmas de las manos o las plantas de los pies (Pilat, 2003).

Las diferencias anatómicas del sistema fascial superficial guardan relación con:

- Sexo: Las mujeres presentan un sistema superficial más grueso que los varones (Stecco C. et al., 2011).
- Localización: El sistema fascial superficial es más grueso en la espalda y tronco que en las extremidades, y en estas es mayor en las inferiores que en las superiores y en la cara posterior que en la anterior (Stecco C. et al., 2011). Además se adelgaza conforme nos dirigimos hacia las partes más distales.

El sistema fascial superficial presenta uniones con el sistema fascial profundo en las prominencias óseas y en algunos ligamentos (Stecco C. et al., 2011). En algunas regiones, puede subdividirse para formar compartimentos alrededor de las venas, como en el compartimento safeno (Caggiati, 2000), y vasos linfáticos, extendiéndose e insertándose en la pared vascular.

Pueden observarse fibras musculares, especialmente en: el cuello (en relación al platisma), cara (Sistema Músculo-Aponeurótico Superficial -SMAS-), región anal (esfínter anal externo), escroto (dartos) y areola (Macchi et al., 2010). También se han encontrado fibras nerviosas en la fascia superficial que algunos autores sugieren que podrían tener función exteroceptiva (Stecco C. et al., 2011).

El estudio del sistema superficial ha sido promovido por los cirujanos plásticos por su implicación en los cambios aparecidos con el envejecimiento en algunas áreas anatómicas, como en la cara y cuello, en relación con el SMAS (Natale et al., 2015).

De este modo, algunos autores (Pilat, 2003; Stecco C. et al., 2011) sugieren que las funciones del sistema fascial superficial son:

- Control del contorno corporal.
- Integridad y soporte de las estructuras subcutáneas y venas.
- Protección y soporte funcional en tronco y extremidades. En las zonas donde se acumula más grasa, se produce mayor soporte.

- Unidad y coordinación con el sistema miofascial musculoesquelético, ya que existe influencia mutua ante cambios de uno o ambos sistemas. En ello interviene además la capacidad de la piel de deslizarse sobre las fascias musculares gracias al sistema superficial. Esta capacidad desaparece en la fibromialgia.

2.1.2.2. Sistema profundo.

La fascia profunda se sitúa por debajo de la fascia superficial, aunque se une a ella por numerosas conexiones que integran ambos sistemas. Forma una intrincada red que envuelve y separa los músculos y grupos musculares, forma vainas para nervios y vasos, fortalece los ligamentos alrededor de las articulaciones y une todas las estructuras del organismo en una masa firme y compacta (Stecco C. et al., 2011).

Está formada por un material más denso y fuerte que la fascia superficial debido a las funciones que desempeña, aunque el grosor y la densidad del mismo dependerá de la ubicación y, especialmente, de la función y necesidades mecánicas que presente el tejido (Pilat, 2003). Se compone de dos o tres capas de fibras colágenas compactas y paralelas (Stecco C. et al., 2009; Benetazzo et al., 2011; Tutusaus y Potau, 2015) que, entre ellas, presentan tejido conjuntivo laxo orientándose cada una de forma diferente y deslizándose una sobre otra, por lo que en su conjunto son muy resistentes a las fuerzas de tracción. La pérdida de deslizamiento de estas capas debido al uso excesivo o sobreesfuerzo, trauma o cirugía, pueden ser causa de patologías miofasciales (Stecco C. et al., 2011).

El sistema profundo es el encargado de dar soporte y asegurar la estructura e integridad del sistema muscular, visceral, articular, óseo, nervioso y vascular y permite separar los grandes espacios corporales.

a) Miofascia y estructuras del aparato locomotor.

El sistema fascial permite un funcionamiento correcto del aparato locomotor, ya que la fascia ayuda a mantener al músculo su forma mientras realiza la contracción muscular, asegura la posición de los tendones y ayuda a fijarlos al hueso. Emite tabiques que rodean las fibras musculares y los extremos forman tendones o aponeurosis que los unen al periostio. Todo ello forma una compleja red de microconexiones que facilitan la transmisión de los impulsos mecánicos (Pilat, 2003). La miofascia es fácil de separar de los músculos a los que cubre ya que tiene algunas expansiones miofasciales que los unen, siendo más evidentes cerca de las articulaciones. Bajo la miofascia los músculos se deslizan libremente gracias a que poseen su propio epimisio y entre ellos existe tejido conjuntivo laxo rico en ácido hialurónico (Stecco C. et al., 2011). En algunos músculos (deltoides, trapecio y glúteo mayor), no existiría un epimisio reconocible entre el músculo y la miofascia, esto se explicaría por un desarrollo embriológico diferente de estos músculos que se encontrarían firmemente adheridos a la fascia por medio de tabiques intramusculares (Sato y Hashimoto, 1984; Mihalache et al., 1996; Stecco A. et al., 2009).

Los **tendones** son las estructuras encargadas de transmitir la fuerza generada por los músculos para permitir el movimiento de la articulación mediante una elongación limitada que se mantiene mientras se ejecuta la acción. Las fibras colágenas que forman el tendón son muy densas y están orientadas de forma paralela, pero pueden cambiar su orientación a lo largo de su recorrido en función de los requerimientos mecánicos (Pilat, 2003).

El tendón puede realizar actividades imposibles de ejecutar por el músculo, ya que puede realizar un trabajo cíclico sin recurrir al gasto metabólico, acortarse o incluso producir, durante un periodo muy corto, la fuerza que supere la capacidad del músculo esquelético activo. Al funcionar bajo los principios del mecanismo de conservación energética, es capaz de acumular energía elástica y controlar el desempeño mecánico adecuado del músculo (Pilat, 2003).

La inserción del tendón en el periostio del hueso posee una extraordinaria complejidad desde el punto de vista biomecánico, ya que en un milímetro se produce la transformación del tejido blando en uno duro. Esta transformación se produce por un proceso de cambios progresivos y graduales entre varios tipos de tejido, desde las fibras de colágeno a fibrocartílago, fibrocartílago mineralizado y, finalmente, hueso. En todas las inserciones actúan de forma importante las fibras de Sharpey, que se extienden en forma de haces de colágeno desde el periostio y otros tejidos blandos (tendones, ligamentos) perforando el hueso y anclando el periostio. La principal característica de estas estructuras es la capacidad para disipar las fuerzas tensiles y reducir al mínimo la concentración del estrés mecánico (Pilat, 2003).

Algunos músculos poseen **inserciones fasciales** (e.g. el músculo bíceps braquial a través del *lacertus fibrosus*), de tal modo que, cuando el músculo se contrae no solo mueve los huesos en los que se inserta, sino que también actúan sobre la fascia profunda y la miofascia (Stecco C. et al., 2011).

Los **retináculos** refuerzan la fascia profunda y la miofascia alrededor de las articulaciones, siendo unos elementos fundamentales para la estabilidad articular. Tienen un papel importante en la propiocepción y coordinación motora periférica (Marconetto y Parino, 2003). Las alteraciones de algunos retináculos, como su tensión asimétrica o rotura, pueden producir diferentes alteraciones de la propiocepción y dolor articular, especialmente en la mala alineación femoropatelar y en la inestabilidad funcional del tobillo (Sanchís-Alfonso y Roselló-Sastre, 2000; Stecco A. et al., 2008 y 2011).

El tejido conjuntivo intramuscular, mediante la división del músculo en fascículos, es indispensable para el correcto funcionamiento mecánico y puede influenciar en la longitud de los sarcómeros para mejorar la producción de fuerza (Huijing y Baan, 2001):

- El **endomisio** rodea cada fibra muscular, formando una unidad funcional.
- El **perimisio** rodea haces de fibras musculares y forma el tejido conjuntivo más abundante en el músculo. Su principal componente es el colágeno tipo I

y forma una compleja e interconectada red que se encarga de conducir los vasos y nervios a los fascículos musculares (función nutricional). Además interviene en la función mecánica ya que durante la contracción permite deslizarse al músculo dentro de su envoltura y su tensión contribuye a la tensión del músculo durante las contracciones excéntricas protegiéndolo de estiramientos excesivos.

- El **epimisio** es la capa más externa que envuelve al músculo.

Las variaciones de composición y distribución del tejido conjuntivo intramuscular entre los diferentes músculos dependen de su adaptación. Las principales diferencias se deben al perimisio, ya que su morfología varía entre los diferentes músculos y depende de la orientación de las fibras de colágeno. Esta reorientación de las fibras de colágeno permite una conexión entre el endomisio y el perimisio que es fundamental para la transmisión de la fuerza del músculo y la coordinación en los procesos de contracción muscular (Pilat, 2003). Esto, además, requiere de una especial organización de forma que, según los diferentes movimientos, unos músculos son activados y la fascia actuaría, por medio de las expansiones miofasciales con los músculos, como un cinturón de transmisión entre articulaciones adyacentes y entre músculos agonistas (Stecco C. et al., 2008; Stecco A. et al., 2009).

El sistema fascial permite modificar la acción de los músculos y conectar funcionalmente entre sí a un músculo con otro adyacente que tenga función agonista, formando así una gran unidad funcional que habría que denominar “miofascia”, de tal modo que la tensión muscular se transmitiría directamente a través de los propios tendones en un 70%, mientras que el 30% restante de la fuerza muscular se transmite al tejido conjuntivo muscular, destacando así el rol que ejerce el sistema fascial profundo en la coordinación periférica de los músculos agonistas, antagonistas y sinergias musculares (Huijing et al., 2003).

b) Viscerofascia.

Las fascias rodean a todas las estructuras de nuestro organismo, incluido los vasos sanguíneos, vísceras, nervios o huesos. Los planos fasciales actúan como rutas de penetración de las terminaciones nerviosas y de los vasos sanguíneos. Probablemente la viscerofascia más importante desde el punto de vista clínico sea la fascia endopélvica, que incluye no solo la que recubre al músculo obturador interno, sino a las vísceras subperitoneales y a los vasos y nervios que a ellas se dirigen. Estas fascias son esenciales en la función y sostenimiento del suelo pélvico (Raychaudhuri y Cahill, 2008). La fascia puede unirse con las paredes de las venas o del sistema linfático, mejorando la circulación de dichos sistemas (Caggiati, 2000; Pilat, 2003). Además, como en el resto de las fascias que forman parte del aparato locomotor, las que rodean a las vísceras presentan la misma estructura de dos o tres capas de fibras colágenas y pueden sufrir cambios ante algunos estímulos (traumatismos, infecciones, inflamación...) que afectan a su elasticidad y ello producir dolor o restricción de movimientos de algunos órganos (Stecco C. et al., 2017). Según Pilat (2003), existe una integración entre la miofascia y la viscerofascia como puede observarse con la relación de la fascia del músculo psoas con el íleon o el colon, de tal modo que un movimiento (miofascia) puede influir a través de la viscerofascia en diferentes órganos a distancia. Esta es la base de numerosos conceptos empleados en la osteopatía.

Para Stecco C. et al. (2017), la viscerofascia puede dividirse en dos tipos:

- Una fascia más delgada, que se encuentra en íntima relación al órgano que rodea y que es rica en fibras elásticas, cuya función es facilitar los movimientos de las vísceras.
- Una fascia más robusta y que forma compartimentos para varios órganos contribuyendo a su fijación a la pared de la región donde se encuentran (saco pericárdico, fascia renal, etc). Presenta menor proporción de fibras elásticas, ya que su principal función es la de soporte.

c) Tejido conjuntivo del sistema nervioso periférico.

El tejido conjuntivo del sistema nervioso periférico brinda protección mecánica y participa en la nutrición e irrigación del sistema nervioso (Pilat, 2003).

El tejido conjuntivo del sistema nervioso periférico presenta una estructura muy parecida al del tejido muscular:

- Epineuro: Es la capa más externa formada por capas de células fibroblásticas y es atravesado por elementos vasculares que forman una red capilar alrededor de las fibras nerviosas.
- Perineuro: Es un tejido laxo distribuido entre los fascículos. Goza de una capacidad protectora contra los microtraumatismos.
- Endoneuro: Constituye el tejido conjuntivo intrafascicular, tiene función protectora y nutricional.

Además, de la relación de la fascia como envoltura del sistema nervioso, también hay una relación muy intensa entre dicho sistema con las fascias, puesto que en ellas, en tendones y en ligamentos, se encuentran numerosos receptores y terminaciones nerviosas que proporcionan información constante de carácter propioceptivo (Pilat, 2003).

2.1.3. Histología de las fascias.

2.1.3.1. Características y generalidades de la estructura del sistema fascial.

El tejido conjuntivo se denomina también tejido de sostén, dado que representa el “esqueleto” que sostiene otros tejidos y órganos. El tejido conjuntivo se caracteriza por estar formado por células y sustancia extracelular en su mayor parte secretadas por un tipo especial de células, los fibroblastos. La sustancia extracelular representa en la mayoría de las ocasiones la mayor parte de tejido respecto a las células. La sustancia extracelular se denomina matriz extracelular y está formada por fibras incluidas en una matriz amorfa que contiene líquido tisular.

Las células del tejido conjuntivo se pueden dividir en dos categorías:

- Células fijas: células mesenquimatosas, fibroblastos o fibrocitos, células reticulares, adipocitos, condroblastos o condrocitos y osteoblastos u osteocitos.
- Células móviles o migratorias: Monocitos, macrófagos, células dendríticas, células plasmáticas, neutrófilos, eosinófilos y mastocitos.

Los fibroblastos son células con gran capacidad para adaptar el ambiente y remodelarlo en respuesta de varios estímulos mecánicos, produciendo una respuesta bioquímica mediante cambios en la transcripción del ADN (Eagan et al., 2007; Stecco C. et al., 2009; Meltzer et al., 2010). Benjamin y Ralphs (1998), observaron que en tendones y ligamentos sometidos a estrés biomecánico, los fibroblastos presentes en el tejido pasaban a diferenciarse en condrocitos para producir cartílago. Esta adaptación se ha podido ver en el tendón del músculo supraespinoso o en el ligamento transverso del atlas, entre otros (Bank et al., 1999; Milz et al., 2005). La importancia de los fibroblastos en la constitución de las fascias ha llevado a denominarlos fasciocitos (Stecco C. et al., 2011).

Los miofibroblastos son células musculares lisas aisladas, a las que algunos autores les han dado esta denominación. Contienen filamentos de actina y miosina (Klinge et al., 2001; Schleip et al., 2005). La función de estas células no está clara, probablemente sea la de regular el estado de “pre-tensión” funcional con el objetivo de ajustar la fascia a diferentes demandas de tono muscular (Pilat, 2003; Schleip et al., 2006). Esta observación es muy importante, ya que descarta que la fascia sea una estructura que únicamente responda de forma pasiva a determinadas tensiones, sino que también participa activamente gracias a dichas células. Pueden llegar a producir una fuerza de contracción de hasta 30-40N (Schleip et al., 2006).

La matriz extracelular está formada por proteínas fibrilares y por la sustancia fundamental o sustancia amorfa. Las proteínas fibrilares son de tres tipos: colágenas, reticulares y elásticas.

Las fibras de colágeno son las proteínas más importantes del cuerpo y representan el 60-70% de la masa total del tejido conjuntivo y el 25% de la masa total de las proteínas de los mamíferos (Tutusaus y Potau, 2015). En las fascias, el principal tipo es el colágeno tipo I, representando el 90% del colágeno del cuerpo humano (Kumka y Bonar, 2012). El colágeno proporciona resistencia a la tensión y tracción.

Las fibras reticulares forman el soporte para las células en el tejido conjuntivo laxo del endoneuro, paredes vasculares y en el músculo liso (Yahia et al., 1993; Gelse et al., 2003). Las fibras elásticas se encuentran en diferente proporción en las distintas fascias, especialmente en las fascias viscerales (Stecco C. et al., 2017).

La sustancia fundamental es un material homogéneo de viscosidad variable, bioquímicamente complejo y altamente hidratado. Los cambios en la viscosidad permiten a la sustancia fundamental fijar el agua, influir en la actividad metabólica de la célula y prevenir la diseminación de las infecciones. Forma una red hidratada alrededor de las proteínas fibrilares, lo que les asegura la lubricación y les permite absorber choques y resistir compresiones. A la temperatura del organismo, aproximadamente la mitad del agua se encuentra en forma de cristales líquidos (Tutusaus y Potau, 2015).

Las principales macromoléculas que forman la sustancia fundamental son glucosaminoglucanos no sulfatados (ácido hialurónico) y sulfatados (condroitín-sulfato, dermatán-sulfato, heparán-sulfato, keratán-sulfato), proteoglucanos y glucoproteínas estructurales de adhesión (fibronectina, laminina, entactina, tenascina). Estas macromoléculas forman un tamiz molecular entre las células, y entre estas y los capilares sanguíneos por los que llegan los suministros necesarios para garantizar el metabolismo celular. En conjunto, la sustancia fundamental presenta una carga electrostática neta negativa, lo cual garantiza las constantes homeostáticas de isoionía, isoosmia e isotonía (Tutusaus y Potau, 2015).

En general, hay pocos vasos sanguíneos que irrigan propiamente el tejido conjuntivo. Por el contrario, existen abundantes vasos linfáticos. También se hallan terminaciones nerviosas sensitivas de diversos tipos que detectan tensiones mecánicas, estímulos dolorosos y cambios térmicos.

Aunque la estructura de la fascia es muy variable, las fibras de colágeno que la componen tienden a estar entrelazadas y, a diferencia de lo que sucede con los tendones y las aponeurosis, las fascias no suelen mostrar una orientación compacta y paralela. En función del tipo de fascia, la cantidad y la combinación de las proteínas fibrilares de la matriz extracelular del tejido conjuntivo es diferente.

2.1.3.2. Receptores y comunicación del sistema fascial.

Las fascias no son elementos inertes dependientes de los estímulos generados por los músculos u otras estructuras; debido a que poseen una abundante red nerviosa y células musculares lisas, pueden generar sus propios estímulos. (Pilat, 2003). El sistema fascial es muy rico en mecanorreceptores y la evidencia científica sugiere que posee un papel importante tanto en la propiocepción como en la nocicepción (Langevin y Sherman, 2007; Tesarz et al., 2011), y puede responder a la presión manual, temperatura y vibración, e influir en procesos autonómicos como en el descenso de la presión arterial.

Los mecanorreceptores pueden dividirse en tres grupos (Pilat, 2003):

- Corpúsculos de Pacini, que son sensibles a las variaciones rápidas y a la vibración (Yahia et al., 1992; Schleip, 2003).
- Órganos de Ruffini, que reaccionan a los impulsos lentos y a las presiones sostenidas, especialmente al aplicar fuerzas tangenciales y transversales (Yahia et al., 1992; Stecco C. et al., 2007). Su estimulación disminuye la actividad del sistema nervioso simpático, lo que explicaría el profundo efecto relajante en la aplicación de las suaves y profundas técnicas sostenidas (Pilat, 2003; Schleip, 2003).
- Receptores tipo III (mielínicos) y tipo IV (amielínicos). Son los receptores sensitivos más abundantes y transmiten la información sensitiva desde el

sistema miofascial hacia el sistema nervioso central. Estos receptores también se denominan receptores musculares intersticiales y responden a la presión y a la tensión mecánica. Algunos de ellos, siendo receptores de bajo umbral, responden ante un impulso mecánico extremadamente suave, como el de la fuerza de una pincelada. El estímulo mecánico de estos receptores puede generar una respuesta autónoma que se puede manifestar con cambios en la frecuencia cardíaca, la tensión arterial o el ritmo respiratorio.

Sin embargo, también se ha observado en la fascia la presencia de fibras nerviosas mielínicas y amielínicas, así como terminaciones nerviosas sensitivas intrafasciales. En las fascias se han encontrado receptores del dolor visualizados a través de numerosos orificios o perforaciones de las capas superficiales de la fascia y que podrían ser los responsables de varios tipos de sensaciones dolorosas de origen miofascial. Los tendones contienen los órganos de Golgi que tienen funciones propioceptivas (Schleip, 2003). Además hay conexiones de la fascia con el sistema nervioso autónomo, de tal modo que el tono fascial puede estar influido y regulado por dicho sistema y viceversa. Ello podría explicar la razón por la que la gran mayoría de las perforaciones mencionadas coinciden con los puntos de la clásica acupuntura china (Pilat, 2003).

La **mecanotransducción** es el mecanismo por el cual se desencadenaría una respuesta celular en el tejido conjuntivo secundaria a la manipulación de este. Es decir, es el fenómeno por el que las fuerzas mecánicas (compresión y tensión) aplicadas a las células mediante la distorsión de su membrana celular, generan cambios a través de vías de señalización intracelular que alteran la homeostasis tanto de la célula como de la matriz extracelular (Arvind y Huang, 2017), dando lugar a cambios en procesos fisiológicos asociados al desarrollo e interviniendo en situaciones patológicas (Tutusaus y Potau, 2015).

Los procesos implicados en la mecanobiología de las células, especialmente durante el desarrollo embrionario, son (Arvind y Huang, 2017):

- **Transducción célula-matriz extracelular:** Las integrinas transmembrana de la célula se encuentran unidas a las proteínas de la matriz extracelular, por lo que cuando se produce una fuerza externa, se desencadenan cambios intracelulares a través de proteínas, como la actina, que por medio de vías de señalización molecular (especialmente por medio de GTPasas), producen cambios en el citoesqueleto y dentro del núcleo celular.
- **Interacciones célula-célula:** Las fuerzas de tracción pueden ser transmitidas de una célula a otra por medio de las cadherinas, que generan cambios intracelulares por medios de complejos proteicos al unirse con varias cadherinas.
- **Cilios primarios (no móviles):** Los cilios primarios son organelas únicas que se pueden encontrar en las células de todos los mamíferos. Aunque se pensaban que eran estructuras vestigiales, actualmente se ha observado que juega un papel importante durante el desarrollo y para detectar señales mecánicas (Fliegeauf et al., 2007). Están formados por un citoesqueleto denominado axonema, que contiene proteínas que permiten el transporte a través del mismo. Durante la mitosis, el cilio primario se reabsorbe, para volver a formarse posteriormente durante el ciclo celular. Su función es detectar los cambios de flujo de fluido, presión osmótica y fuerzas de tensión (Temiyasathit y Jacobs, 2010; Hoey et al., 2012). En los tendones, podrían tener además una función homeostática, ya que normalmente se orientan en la dirección de la carga de tracción y los cambios en la orientación o de la longitud de los cilios pueden ser detectados en respuesta a una carga externa (Donnelly et al., 2010; Rowson et al., 2016). En caso de mutación de las proteínas que forman parte de los cilios, se producirán ciliopatías, siendo la más conocida la enfermedad poliquística renal autosómica dominante (Fliegeauf et al., 2007).

Tal y como ha descrito Langevin et al. (2006), los fibroblastos, según su carga mecánica, pueden cambiar señales celulares, expresar algunos genes o adherirse a la matriz extracelular. Según algunos estudios (Langevin et al., 2009), en terapias como la acupuntura se ha propuesto la mecanotransducción como uno

de los mecanismos de acción que explican los efectos biológicos secundarios a la inserción y manipulación de las agujas (Langevin et al. 2001).

En conclusión, puede establecerse que un estímulo mecánico ejercido sobre las fascias puede desencadenar una respuesta celular secundaria al efecto de dicho estímulo sobre el tejido conjuntivo de la fascia y facilitar la comunicación celular mediante los mecanismos descritos de mecanotransducción (Tutusaus y Potau, 2015).

2.1.4. Funciones de las fascias.

El sistema fascial cumple una serie de funciones necesarias para la adecuada coordinación y funcionamiento de múltiples órganos, sistemas y, en definitiva, para el correcto funcionamiento global del organismo.

2.1.4.1. Protección.

El sistema fascial forma una ininterrumpida red protectora del cuerpo, protegiendo a cada componente corporal de forma individual y también como un sistema de protección global. Por su resistencia, permite mantener la integridad anatómica de diferentes segmentos corporales y conservar su forma fisiológica, no como un incremento de la rigidez sino como un proceso de adaptabilidad, ajustando así sus propias tensiones en respuesta a las necesidades funcionales (Pilat, 2003).

La fascia es la primera barrera protectora contra las variaciones de tensión en respuesta a los impactos mecánicos internos y externos: los absorbe y preserva la integridad de la estructura que envuelve y protege a modo de un amortiguador o como un sistema de dispersión del impacto.

La elasticidad del sistema fascial disminuye con la edad, con la consiguiente menor capacidad protectora. Ello está condicionado también por la concentración local de proteoglucanos y ácido hialurónico. El defecto de síntesis y metabolismo

de ambos puede verse afectado por factores endógenos (errores genéticos...) y exógenos (malnutrición, traumatismo, infecciones, estrés...). En ambos casos se produce una densificación de las fibras de colágeno y un endurecimiento de la sustancia fundamental, formándose con el tiempo calcificaciones en las inserciones. Esta circunstancia ocurre en los tendones sometidos a prolongadas tensiones o repetidos estiramientos.

El sistema fascial actúa principalmente contra las tensiones excesivas y otros impulsos mecánicos. En el proceso de protección, el sistema fascial puede cambiar su densidad de acuerdo a los requerimientos mecánicos pero sin llegar nunca a la rigidez, manteniendo siempre cierta elasticidad.

También el sistema fascial constituye una barrera protectora en la propagación de tumores (Khafif-Hefetz et al., 2004).

2.1.4.2. Mecánica.

El sistema fascial es capaz de amortiguar las ondas de impacto de diversos traumatismos y absorber dicho impacto, atenuando su intensidad y preservando la integridad física del cuerpo. En este proceso la grasa desempeña un papel importante, ya que forma una almohadilla de protección con espesor variable según la región corporal, de forma controlada por el sistema fascial (de ahí que un golpe en la nalga sea menos doloroso que en la cara anterior de la tibia).

El sistema muscular permite que las tensiones innecesarias sean absorbidas por la fascia, evitando así la rotura del músculo o de sus componentes u órganos que protege.

La función amortiguadora del sistema fascial se debe fundamentalmente a las propiedades de los proteoglucanos, que se convierten en amortiguadores de impacto. Tienen capacidad de transformarse en una sustancia viscoelástica en diferentes niveles del sistema fascial (Pilat, 2003).

Pero además, el sistema fascial es capaz de disminuir el estrés tensional en zonas de inserción (Benjamin et al., 2008) permitiendo la interacción entre los músculos de las extremidades (Yucesoy et al., 2006) así como la percepción y coordinación del movimiento (Stecco L. y Stecco C, 2009). En ratas, se han descrito las características biomecánicas de transmisión de la fuerza extramuscular e intramuscular a los tejidos conjuntivos circundantes que pueden influir en el potencial de fuerza y que conecta los grupos musculares (Huijing y Baan, 2001; Huijing, 2007; Huijing et al., 2007), incluso se ha sugerido que la fascia intramuscular puede influir en la longitud de los sarcómeros para mejorar la producción de fuerza (Huijing y Baan, 2001).

Las fascias son las encargadas de mantener la forma del músculo en todo momento, lo que permite incrementar la eficacia mecánica de los movimientos, ya que dependiendo de la distribución de las fibras, el sistema fascial puede restringir la amplitud del movimiento o incrementar la fuerza muscular. De esta forma protegen un segmento determinado, facilitando un movimiento en particular y logrando su solidez, eficacia, fuerza y resistencia. Además, la fascia constituye el motor principal de la estabilidad de las articulaciones (Pilat, 2003).

2.1.4.3. Formación de los compartimentos corporales.

Clásicamente, los libros de texto describen diferentes partes de nuestra anatomía formadas por compartimentos cerrados por fascias. En las extremidades rodean grupos musculares que en muchas ocasiones constituyen grupos funcionales.

La división continúa también dentro del músculo, permitiendo la especialización de los grupos de fibras en una actividad precisa, de sostén o de ejecución de un movimiento determinado. Los espacios formados por el sistema fascial permiten el mantenimiento de diversas presiones entre uno y otro, facilitando el trabajo muscular.

Las divisiones también permiten la independencia de acción entre los músculos y órganos, favorecida por el deslizamiento entre estructuras adyacentes y permitiendo el proceso de adaptación a tensiones cambiantes en respuesta a las necesidades funcionales (Pilat, 2003).

Desde el punto de vista clínico se describe el síndrome compartimental como el aumento de presión en un espacio fascial cerrado con compromiso circulatorio de las estructuras que contiene.

2.1.4.4. Cohesión de las estructuras del cuerpo: soporte del equilibrio postural.

El sistema fascial es una pieza clave en el control del movimiento corporal y en el manejo y mantenimiento de una postura eficaz. Se considera que el desequilibrio del sistema fascial influye en la formación de compensaciones posturales que, con el tiempo, crean hábitos inadecuados llevando a la aparición de diferentes patologías (Pilat, 2003).

Estudios recientes han enfatizado la continuidad del sistema fascial entre regiones, lo que les lleva a sugerir que tienen un importante papel como sistema propioceptivo-comunicante en todo el cuerpo humano (Langevin, 2006; Langevin et al., 2006; Lindsay, 2008; Kassolik et al., 2009). Algunos estudios han demostrado la presencia de formaciones encapsuladas, particularmente corpúsculos de Ruffini y de Pacini dentro de las fascia profundas (Yahia et al., 1992; Stecco C. et al., 2007). Aunque existen diferencias entre las distintas regiones, los retináculos parecen ser las estructuras más ricamente innervadas.

2.1.4.5. Soporte y nutrición de los tejidos.

El sistema fascial contiene numerosos capilares que cumplen una función nutricional y participan en la conservación de la temperatura corporal, por lo que el sistema fascial constituye el soporte del sistema locomotor, nervioso, vascular y

linfático. Durante el desarrollo embrionario, forman el soporte y guía de los sistema vascular y nervioso (Pilat, 2003).

2.1.4.6. Coordinación hemodinámica.

Los sistemas vascular y linfático no pueden disociarse del sistema fascial, formando con ellos una armonía casi perfecta, especialmente con el sistema venoso y el sistema linfático, que tienen una estructura muy flácida y fácil de colapsar no siendo suficientes las válvulas que poseen para el proceso de retorno. Tal y como sugiere Caggiati (2000), las fascias actúan como una bomba periférica que impulsa la sangre hacia el corazón y también la linfa. Estos movimientos son ininterrumpidos y la acción es posible a través de la acción de las envolturas fasciales propias de los vasos y de los músculos, activadas a través de las contracciones musculares.

2.1.5. Clasificación funcional de las fascias.

Kumka y Bonar (2012), proponen la siguiente clasificación de las fascias en función de su composición, inervación, histología y funcionalidad:

- **FASCIAS DE UNIÓN:** Están formadas especialmente por tejido conjuntivo denso con fibras de colágeno tipo I ordenadas de forma unidireccional. Se subdividen en 2 tipos:
 - **Dinámicas:** Son aquellas fascias que están en relación a los movimientos, proporcionan pretensión muscular y estabilidad articular. Su función es predominantemente propioceptiva, aunque también contribuyen a la nocicepción. Forman parte de este grupo algunas fascias musculares (pectoral, deltoides), la fascia del tronco y las fascias de los miembros.
 - **Pasivas:** Son aquellas que permiten la transmisión de fuerzas, mantienen la continuidad o pueden actuar como puntos de inserción muscular. Se incluyen en esta categoría: la vaina de los rectos, las fascias de la cabeza y cuello, los arcos tendinosos o las aponeurosis.

- **FASCIAS FASCICULARES:** Forman las vainas de los vasos, músculos, tendones, huesos y nervios, por lo que juegan un papel importante en la organización, nutrición, protección y en el control de movimientos. Presentan en su composición tanto colágeno tipo I como colágeno tipo III. Se incluyen en este grupo: el endomisio, perimisio y epimisio; el endotenon, peritenon y epitenon; endoneuro, perineuro y epineuro; pericondrio, endostio y periostio.
- **FASCIAS DE COMPRESIÓN:** Actúan como vainas en los miembros creando un efecto de compresión y ayudan al retorno venoso. También mejoran la coordinación, propiocepción y la eficiencia muscular. Las principales fascias de este grupo son las de los miembros.
- **FASCIAS DE SEPARACIÓN:** Están formadas por tejido conjuntivo laxo y también contienen fibras elásticas. Compartimentalizan los espacios corporales, permiten el deslizamiento de los órganos y reducen la fricción durante los movimientos, proporcionan soporte físico y absorben los impactos y contienen infecciones. Forman parte de este grupo: las fascias parietales (pleura parietal, peritoneo parietal, etc.), las fascias viscerales o las fascias subcutáneas.

2.1.6. Patología de las fascias.

Estudios recientes han puesto de manifiesto el papel del sistema fascial profundo en varias patologías: síndrome del tracto iliotibial, dolor lumbar crónico, dolor miofascial, síndromes compartimentales, fibromialgia, enfermedad de Dupuytren o la fascitis plantar (Benjamin, 2009). En la enfermedad de Dupuytren, en la enfermedad de Ledderhose (fibromatosis fascial plantar) o en la capsulitis adhesiva (hombro congelado), se ha observado que existe una mayor concentración de miofibroblastos (Gabbiani y Majno, 1972; Bunker, 2009; Hedley, 2010).

Algunos autores (Taguchi et al., 2008) han demostrado que el tejido conjuntivo contiene terminaciones nerviosas sensitivas que, en presencia de

inflamación, transmiten dolor cuando este tejido se estira. Estudios posteriores (Langevin et al., 2009) demostraron que el tejido conjuntivo que rodea la musculatura de la espalda es más grueso en las personas con dolor lumbar crónico. Dichas personas, además, presentan una disminución en la movilidad que podría ser debida a fibrosis. Estos resultados son importantes, pues en determinados pacientes la presencia de dolor crónico –como en aquellos que refieren dolor lumbar sin anomalías remarcables a nivel de la columna vertebral y de difícil manejo– tendría su origen en el tejido conjuntivo (Tutusaus y Potau, 2015).

2.1.6.1. Alteración y dolor miofascial.

El dolor miofascial es, en la actualidad, una de las principales causas de discapacidad y dolor crónico (Tutusaus y Potau, 2015). Esta patología se caracteriza por la presencia de puntos gatillo (zona hipersensible y dolorosa cuando se aplica presión sobre ella) y bandas tensas (contracción permanente de fibras musculares sin actividad voluntaria).

Su causa no está clara, ya que existen dos teorías (Stecco C. et al., 2011): por un lado parece que hay evidencia de sensibilización central e hiperalgesia y dolor acumulado en un área; por otro lado, existe la teoría de origen periférico debido a la alteración de la innervación o estimulación nerviosa del músculo o la fascia, debido a traumatismos, sobreesfuerzo o microtraumatismos por repetición, cirugía, estrés postural o incluso estrés psicológico. En este sentido, la fascia juega un papel importante por su rica innervación propioceptiva. Tras la agresión tisular se desencadenaría la respuesta inflamatoria, con liberación de neuropéptidos que excitan las fibras nerviosas sensitivas y simpáticas, y se liberan sustancias neuro- y vasoactivas que generarán fenómenos isquémicos, sensibilizando por tanto, a los nociceptores y produciendo la sensibilización periférica, que suele acompañarse de un espasmo muscular (Tutusaus y Potau, 2015).

Existen otros factores desencadenantes de alteraciones miofasciales que a menudo no se contemplan en la práctica clínica, como los factores nutricionales, que en algunos casos conducen a importantes déficits de vitaminas y minerales

imprescindibles para mantener un estado óptimo del tejido miofascial y las disfunciones endocrinas, asociadas especialmente a patología tiroidea (Tutusaus y Potau, 2015).

Según los trabajos de Stecco C. et al. (2011), el ácido hialurónico podría jugar un papel importante en dicha patología, ya que permite el deslizamiento de las capas de fibras colágenas que componen las fascias y mantiene la viscoelasticidad del tejido. La pérdida de viscoelasticidad es, a su vez, una causa de activación de los nociceptores (Wilkinson y Fukami, 1983; Swerup y Rydqvist, 1996), por lo que la disminución de la concentración de dicha molécula en la fascia, puede contribuir a la generación del dolor miofascial.

2.2. ANATOMÍA DE LAS FASCIAS DEL CUELLO EN EL ADULTO

Los tratados clásicos de Anatomía Humana han sistematizado el estudio de las fascias del cuello como tabiques o láminas de tejido conjuntivo formando compartimentos a nivel de la región cervical. La primera referencia histórica a la descripción de las fascias cervicales corresponde a la de Allan Burns, en 1811 (Testut y Latarjet, 1983). Velpeau, en su tratado de 1830, ya afirmaba que todos los músculos, vasos y nervios de la región anterior del cuello, la glándula tiroidea, la tráquea y el esófago están envueltos cada uno de ellos en vainas fibrocelulares que se continúan unas con otras (Natale et al., 2015).

Desde entonces, ha habido numerosos autores que han propuesto una descripción de las fascias cervicales así como de los espacios fasciales que se encuentran tanto en la cabeza como en el cuello y que son delimitados por dichas fascias. La principal obra citada como fuente de numerosos trabajos, es el trabajo de Grodinsky y Holyoke (1938).

2.2.1. Descripción de las fascias del cuello.

Topográficamente el cuello está situado entre la cabeza y el tórax. Se consideran los siguientes límites: anterior y superiormente, el hueso hioides; anterior e inferiormente, la escotadura yugular del esternón y las clavículas; posterior y superiormente, la protuberancia occipital externa y las líneas nuchales superiores; posterior e inferiormente, una línea trazada desde la extremidad acromial de la clavícula hasta la apófisis espinosa de la 7ª vértebra cervical. Otras regiones como la región retroestílea, preestílea, suprahioidea, infratemporal, etc. se estudian topográficamente dentro de la región de la cabeza (Rouvière y Delmas, 2005).

El elemento central que divide la región cervical en dos partes es la columna cervical; tomando como referencia los procesos transversos vertebrales cervicales se divide en dos regiones: anterior (o cuello propiamente dicho) y posterior (o región nuchal) (Orts Llorca, 1986).

En la región posterior o nuchal se encuentran los músculos autóctonos de la región dorsal (porciones cervical y cefálica y el músculo trapecio, entre los cuales discurren vasos y nervios destinados a los mismos o a la piel de dicha zona).

En la región anterior, la mayoría de los autores (Orts Llorca, 1986; Testut y Latarjet, 1983; Rouvière y Delmas, 2005; Moore y Dalley, 2007; Standring, 2008) coinciden en que se observa:

- Tres planos **musculares**:
 - Plano superficial, formado por los músculos esternocleidomastoideos.
 - Plano medio, formado por la musculatura infrahioidea.
 - Plano profundo, formado por los músculos prevertebrales y escalenos.
- Las **vísceras** del cuello, situadas entre los planos musculares medio o infrahioideo y el profundo o prevertebral. Dichas vísceras son: la faringe y la laringe en la porción superior; la tráquea y el esófago en la porción

inferior; y las glándulas tiroides y paratiroides, situadas anteriormente a la tráquea.

- El **paquete vasculonervioso** del cuello, situado a ambos lados de las vísceras cervicales y constituido por la arteria carótida común o primitiva, la vena yugular interna y el nervio vago.

En la tabla 1 se resumen las principales denominaciones de las fascias cervicales según los diferentes autores.

Autor	Fascia subcutánea	Fascia plano muscular superficial	Fascia plano muscular medio	Fascia plano muscular profundo	Fascia eje visceral	Fascia vasculo-nerviosa
Grodinsky y Holyoke, 1938	Fascia cervical superficial	Fascia superficial de la fascia cervical profunda	Fascia media de la fascia cervical profunda	Fascia profunda de la fascia cervical profunda		
Orts Llorca, 1986		Fascia colli superficialis	Aponeurosis cervical media	Fascia prevertebral	Fascia visceral	Fascia vasculonerviosa
FICAT, 1998		Hoja superficial o de revestimiento de la fascia cervical	Hoja pretraqueal de la fascia cervical	Hoja prevertebral de la fascia cervical		Vaina carotídea
Rouvière y Delmas, 2005		Lámina superficial de la fascia cervical	Lámina pretraqueal de la fascia cervical	Lámina prevertebral de la fascia cervical	Vaina visceral	Vaina carotídea
García-Porrero y Hurlé, 2005	Fascia superficial del cuello	Hoja superficial de la fascia cervical profunda	Hoja pretraqueal de la fascia cervical profunda	Hoja prevertebral o aponeurosis cervical profunda	Vaina visceral (incluido en hoja pretraqueal)	Vaina carotídea
Standring, 2008	Fascia cervical superficial	Hoja de revestimiento de la fascia cervical profunda	Fascia pretraqueal de la fascia cervical profunda	Fascia prevertebral de la fascia cervical profunda		Vaina carotídea
Lippert, 2010.		Hoja superficial de la fascia cervical	Hoja media de la fascia cervical	Hoja profunda de la fascia cervical		Vaina del paquete vasculonervioso
Miyake et al., 2011		Lámina superficial de la fascia cervical profunda	Lámina pretraqueal de la fascia cervical profunda	Lámina prevertebral de la fascia cervical profunda		Vaina carotídea
Guidera et al., 2014	Fascia cervical superficial- Tejido celular subcutáneo	Capa superficial de la fascia cervical profunda	Capa media de la fascia cervical profunda	Capa profunda de la fascia cervical profunda	Capa visceral de la capa media de la fascia cervical profunda	Vaina carotídea
Feigl, 2015	Panículo adiposo - Platisma	Fascia cervical superficial	Fascia cervical media	Fascia prevertebral	Fascia visceral (bucofaríngea)	Vaina carotídea
Kitamura, 2017	Fascia cervical superficial	Capa superficial de la fascia cervical profunda	Capa pretraqueal de la fascia cervical profunda	Capa prevertebral de la fascia cervical profunda	Fascia visceral	Vaina carotídea

Tabla 1. Denominaciones de las fascias cervicales.

Siguiendo un criterio topográfico, para la descripción de las fascias del cuello, nuestro estudio se centrará en la parte anterior de la región cervical o cuello propiamente dicho según la descripción de los principales autores (Orts Llorca, 1986; Testut y Latarjet, 1983; Rouvière y Delmas, 2005; Moore y Dalley, 2007; Standring, 2008), considerando:

- 3 planos musculares:
 - Plano muscular superficial.
 - Plano muscular medio.
 - Plano muscular profundo.
- Eje visceral.
- Paquete vasculonervioso del cuello.
- Espacios periviscerales del cuello:
 - Espacio retroestíleo.
 - Espacio retrovisceral.
 - Espacio prevertebral.

Los esquemas anatómicos de los diferentes planos o compartimentos musculares y de los espacios periviscerales se encuentran en el Apéndice 1.

2.2.1.1. Planos musculares.

a) Plano muscular superficial.

La fascia que se encuentra en el plano muscular superficial rodea como un manguito (Orts Llorca, 1986; Testut y Latarjet, 1983) a toda la región cervical justo por debajo del tejido celular subcutáneo y del platisma, insertándose: en su parte superior, en la línea nuchal superior, apófisis mastoides, cartílago del conducto auditivo externo, arcos cigomáticos, fascia masetérica y borde inferior de la mandíbula; en su parte inferior, en el borde anterior de la escotadura yugular y en la cara anterior del manubrio esternal, en la cara superior de la clavícula, en el acromion y en el borde posterior de la espina de la escápula (Tutusaus y Potau, 2015).

Según Testut y Latarjet (1983), próximo al borde anterior del músculo trapecio, la fascia del plano muscular superficial emite unas expansiones a la fascia del plano muscular profundo próxima a la inserción de los músculos escalenos.

En general, se trata de una fascia gruesa y robusta, pero en la región anterior se adelgaza allí donde está recubierta por el platisma, lo que sugiere que dicho músculo contribuyera a realizar parte de sus funciones (Orts Llorca, 1986).

En la línea media anterior contribuye a formar la línea alba cervical (Testut y Latarjet, 1983). Rodea a la musculatura infrahioidea en su cara anterior extendiéndose superiormente hasta el hioides y la mandíbula. Envuelve por los lados a los músculos esternocleidomastoideos y se prolonga hasta alcanzar la línea media dorsal cubriendo los músculos trapecios.

En la región infrahioidea, es atravesada por las venas yugulares anteriores, que se dirigen al espacio supraesternal, por medio de un desdoblamiento de la fascia (Rouvière y Delmas, 2005; Tutusaus y Potau, 2015). Asimismo existen desdoblamientos para la vena yugular externa, el nervio auricular mayor y el nervio cervical transverso, que la atraviesan en diferentes puntos (Tutusaus y Potau, 2015). En su inserción en el manubrio esternal se desdobra en dos delgadas hojas formando un espacio triangular invertido conocido como **espacio supraesternal**, que contiene tejido linfograso así como las venas yugulares anteriores con su anastomosis transversa que las une entre sí (Rouvière y Delmas, 2005; Moore y Dalley, 2007; Kitamura, 2017).

Esta fascia presenta relaciones en su porción medial con el hioides, adhiriéndose al cuerpo del hioides para dirigirse mediante expansiones hacia el tendón intermedio del músculo digástrico. En sus porciones laterales se desdobra a su vez en dos hojas (Rouvière y Delmas, 2005): una superficial o directa, que cubre anteriormente a la glándula submandibular y se dirige al borde inferior de la mandíbula para formar la pared lateral de la **celda submandibular** (Orts Llorca, 1986; Tutusaus y Potau, 2015); otra profunda o refleja, que contornea el tendón intermedio del músculo digástrico y se inserta en el asta mayor del hioides,

creando así una corredera fibrosa para dicho tendón (Tutusaus y Potau, 2015) y relacionándose con los músculos milohioideo e hiogloso. Finalmente, en su parte superior cubre a la glándula parótida y emite un tabique fibroso que se inserta en el ángulo de la mandíbula, denominado cinta o bandeleta mandibular, que separa las celdas parotídea y submandibular alcanzando las siguientes fascias de la cara: la fascia masetérica (Testut y Latarjet, 1983; Rouvière y Delmas, 2005), la fascia temporal (Hollingshead, 1982) y la fascia del músculo buccinador, con la que se confunde (Orts Llorca, 1986). Sin embargo, Kostrubala (1945) y Kitamura (2017), consideran que la fascia que se une a la del buccinador es la fascia visceral para formar la fascia bucofaríngea. Hay autores que consideran al ligamento estilomandibular como un engrosamiento modificado de la fascia del plano muscular superficial (Barlow, 1936; Everts y Echevarría, 1973; Moore y Dalley, 2007).

A cada lado de las regiones supra e infrahioideas, la fascia del plano muscular superficial se desdobra para envolver al músculo esternocleidomastoideo. La hoja profunda es más delgada y menos resistente que la hoja superficial. Esta última es más fuerte y gruesa en la parte superior del músculo, sobrepasando superiormente al platisma. Ambas hojas se pueden separar fácilmente del esternocleidomastoideo, al interponerse un tejido celular laxo. Además, en las proximidades de las inserciones superiores del músculo, la hoja superficial está estrechamente unida a la dermis mediante trabéculas fibrosas que atraviesan el tejido celular subcutáneo (Rouvière y Delmas, 2005; Tutusaus y Potau, 2015), por lo que a este nivel es difícil su disección (Orts Llorca, 1986).

En la región lateral, entre los músculos esternocleidomastoideo y trapecio, la fascia de este plano muscular tiende a adelgazarse recubriendo el triángulo lateral del cuello (FICAT, 1998), por lo que algunos autores sugieren que la fascia del plano muscular superficial no es completa y puede no existir entre estos músculos (Zhang y Lee, 2002; Nash et al., 2005). A veces puede observarse un engrosamiento fibroso conocido como repliegue falciforme de Dittel, que se relaciona con el orificio por el que la vena yugular externa atraviesa esta fascia (Rouvière y Delmas, 2005).

En la región posterior, la fascia del plano muscular superficial rodea a los músculos trapecios y a la musculatura autóctona de la región del dorso hasta alcanzar la línea media dorsal o ligamento nuchal (Tutusaus y Potau, 2015). En esta zona es más delgada y está íntimamente relacionada con el perimio, siendo muy difícil separarla de él, formando parte de la fascia nuchal (Orts Llorca, 1986; Moore y Dalley, 2007). La delgadez de la fascia a este nivel se encuentra sustituida por un tegumento espeso, con un panículo adiposo muy denso y adherente a la fascia, como sucede en el cuero cabelludo o en la palma de la mano.

b) Plano muscular medio.

La fascia del plano muscular medio es la envoltura que se encuentra anexa a los músculos infrahioideos. Algunos autores opinan que esta fascia podría ser concebida como una fascia accesoria de la fascia del plano muscular superficial, ya que en muchas zonas está en íntima relación con ella (Lindner, 1986; Hiatt y Gartner, 1987; Kitamura, 2017). Sin embargo, Hollinshead (1982) considera dos hojas; la que tapiza la cara anterior de los músculos infrahioideos podría considerarse como una hoja de la fascia del plano muscular superficial, mientras que la hoja que se dispone más profunda podría pertenecer realmente a la fascia visceral. También hay numerosos autores que opinan que la fascia del plano muscular medio y la fascia visceral pertenecen al mismo grupo (Grodinsky y Holyoke, 1938; Levitt, 1970; Standring, 2008). Es por ello que Lindner (1986) y Vieira et al. (2008) dividen a la fascia del plano muscular medio en una hoja muscular y otra hoja visceral, incluyendo a la fascia visceral como parte de esta fascia o incluso a la fascia vasculonerviosa.

Según la disposición de la musculatura infrahioidea en dos planos, la fascia del plano muscular medio está formada por dos hojas: superficial y profunda (Rouvière y Delmas, 2005).

La hoja superficial se extiende de un músculo omohioideo al otro, envolviendo a estos y a los músculos esternohioideos. Se inserta: por su parte

superior, en el hueso hioides; en su parte inferior, en el borde posterior de la escotadura yugular y de la clavícula hasta la escotadura coracoidea. Para numerosos autores, esta hoja es el resultado de la transformación fibrosa de un músculo primitivo, llamado cleidohioideo (Miura et al., 1995; Rouvière y Delmas, 2005) o toracohioideo (Orts Llorca, 1986), del que en la especie humana solo suelen persistir sus fascículos extremos: en la parte lateral, el músculo omohioideo; en la parte medial, el músculo esternohioideo (Rouvière y Delmas, 2005). Lateralmente, la hoja superficial se prolonga hasta la fascia del plano muscular superficial uniéndose a ella anteriormente al músculo trapecio (Tutusaus y Potau, 2015).

La hoja profunda, envuelve a los músculos esternotiroideos y tirohioideos, es más delgada y en la porción lateral se une a la hoja superficial (Rouvière y Delmas, 2005). A nivel de la glándula tiroides forma gran parte de la celda tiroidea (Orts Llorca, 1986).

En su porción inferior, la fascia del plano muscular medio está íntimamente unida a la fascia del plano muscular superficial en la línea media hasta alcanzar el istmo de la glándula tiroides o el borde inferior de la laringe.

En su inserción inferior en la clavícula, rodea al músculo subclavio y emite una expansión cerca de la apófisis coracoides que alcanza la axila, formando la fascia clavicoracoaxilar (Romiti, 1892) y el orificio superior del tórax confundiéndose con las fascias de dicha región (Testut y Latarjet, 1983). Es por ello que algunos autores (Orts Llorca, 1986; Testut y Latarjet, 1983), la han denominado fascia toracohioidea.

Lateralmente, la fascia del plano muscular medio presenta adherencias con la fascia vasculonerviosa, principalmente con la de la vena yugular interna, así como con la cara profunda de la fascia del plano muscular superficial. El tendón intermedio del músculo omohioideo cruza al paquete vasculonervioso del cuello en su parte inferior, y ello es fundamental para el papel funcional que desempeña esta fascia. Además, existe un orificio para el paso de la vena yugular externa que

va a desembocar profundamente en la vena subclavia. A nivel de este orificio se adhiere íntimamente a la adventicia venosa (Orts Llorca, 1986).

La función de la fascia del plano muscular medio es muy importante. Por un lado contribuye a mantener la dirección natural de los músculos infrahioideos proporcionándoles “vainas de conducción” para sus movimientos, pero su principal papel es circulatorio, favoreciendo el retorno de la sangre venosa de la cabeza al corazón: las venas de la base del cuello presentan paredes muy delgadas y son muy voluminosas, por lo que la presión negativa del tórax generada durante la inspiración produciría su colapso, dificultando la circulación de retorno. La contracción del músculo omohioideo por medio de las adherencias de la fascia del plano muscular medio a la fascia vasculonerviosa mantiene abierta la luz de la vena yugular interna durante la inspiración (Ziolkowski et al., 1983; Orts Llorca, 1986; Lang, 1993; Lippert, 2010).

c) Plano muscular profundo.

La fascia del plano profundo recubre los músculos prevertebrales y escalenos. Entre estos dos grupos musculares, la fascia se adhiere a los tubérculos anteriores de los procesos transversos de las vértebras cervicales (Rouvière y Delmas, 2005). La fascia de los músculos escalenos se prolonga lateralmente hasta la cara profunda de la fascia del plano muscular superficial, con la que se confunde a nivel del borde anterior del músculo trapecio. De esta forma, se completa la división del cuello en dos grandes regiones: anterior o visceral y posterior o muscular (Orts Llorca, 1986; Rouvière y Delmas, 2005).

Sobre los músculos escalenos y prevertebrales, es bastante robusta. Presenta unos desdoblamientos para el tronco simpático cervical (Lindner, 1986; Vieira et al., 2008) con sus ramos comunicantes, así como para el nervio frénico, quedando en relación con los músculos prevertebrales y el músculo escaleno anterior, respectivamente (Orts Llorca, 1986; Rouvière y Delmas, 2005). Sin embargo, hay autores que consideran que el tronco simpático cervical queda por delante de esta fascia y que ésta contribuye a formar la fascia vasculonerviosa

(Testut y Latarjet, 1983). También engloba los ramos anteriores de los nervios espinales desde su salida de la columna vertebral (Rouvière y Delmas, 2005), así como los nervios frénicos (Tutusaus y Potau, 2015).

En su parte más lateral, la fascia del plano muscular profundo no se prolonga hasta la fascia del plano muscular superficial del músculo trapecio en toda su extensión, sino que existe un tejido celulofibroso formado por ganglios linfáticos cervicales laterales profundos que se extiende anteriormente a los músculos escalenos y al paquete vasculonervioso del cuello, prolongándose hacia la fosa supraespinosa (Rouvière y Delmas, 2005).

En su parte superior, se inserta en la base del cráneo, en la apófisis basilar del occipital (Testut y Latarjet, 1983; Moore y Dalley, 2007). En su parte más caudal alcanza la primera costilla y la fascia endotorácica y en su porción lateral se confunde con la fascia que recubre a los vasos subclavios y las ramas del plexo cervical y braquial, contribuyendo a formar la vaina axilar (Orts Llorca, 1986; Lindner, 1986; Moore y Dalley, 2007) y la membrana suprapleural o fascia de Sibson (Guidera et al., 2014).

Su cara anterior está separada de la faringe, del esófago y del paquete vasculonervioso por una pequeña cantidad de tejido celular laxo. Existe un desdoblamiento anterior denominado **fascia alar** que se fusiona lateralmente con las fascias vasculonerviosas (Grodinsky y Holyoke, 1938; Levitt, 1976; Paonessa y Goldstein, 1976; Gavid et al., 2018) como puede observarse en la Figura 1. Feigl (2015), tras disecar más de 1000 cadáveres utilizando el método de embalsamamiento de Thiel, la denomina fascia intercarotídea. La fascia alar fue descrita por Grodinsky y Holyoke en 1938 como una capa adicional entre las fascias visceral y la del plano muscular profundo. La fascia alar se extiende desde C1, donde se fusiona con la fascia del plano muscular profundo (Scali et al., 2015; Gavid et al., 2018) hasta T2 para fusionarse con la fascia visceral entre T2-T4 (Lindner, 1986; Vieira et al., 2008; Gavid et al., 2018). Para Gavid et al. (2018), la fascia alar no es considerada como un desdoblamiento de la fascia del plano muscular profundo, sino como una expansión de la fascia visceral. Según Ozlugedik

et al. (2005), en el espesor del tejido areolar de la fascia alar se sitúa el tronco simpático cervical y el nervio laríngeo superior.

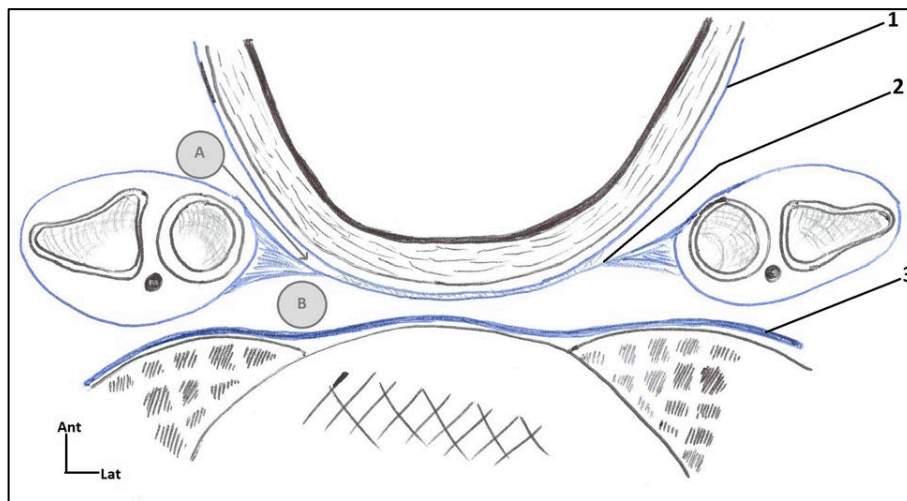


Figura 1. Tomada de Gavid et al. (2018): Esquema de fascia alar. 1: Fascia visceral; 2: Fascia alar; 3: Fascia prevertebral (fascia del plano muscular profundo); A: Espacio retrofaríngeo; B: Espacio peligroso.

Algunos autores (Testut y Latarjet, 1983; Chevrel y Fontaine, 1996; Rouvière y Delmas, 2005) describen a ambos lados del tubo digestivo unas láminas fibrosas llamadas tabiques sagitales de Charpy que unen la fascia del plano profundo con las fascias visceral y vasculonerviosa y que forman los límites laterales (aquellos autores que no los describen consideran a las fascias vasculonerviosas los límites laterales) de un espacio denominado **espacio retrofaríngeo o retroesofágico (retrovisceral)**, que se extiende desde la base del cráneo hasta el mediastino posterior y que en condiciones normales, son espacios virtuales.

2.2.1.2. Eje visceral.

Hay autores que consideran que la fascia visceral forma parte de la fascia del plano muscular medio que rodea a las vísceras del cuello (Grodinsky y Holyoke, 1938; Paonessa y Goldstein, 1976), como se ha descrito en la Tabla 1.

La fascia visceral rodea: en la parte inferior, al esófago y a la tráquea; en la parte superior, a la faringe y a la laringe (Rouvière y Delmas, 2005). A nivel de la glándula tiroides se desdobra dos hojas, una profunda y otra superficial. La hoja profunda rodea la cara anterior de la tráquea (entre ésta y la glándula tiroides) (Orts Llorca, 1986; Rouvière y Delmas, 2005) y la hoja superficial recubre los lóbulos laterales de la glándula tiroides fusionándose con la fascia del plano muscular medio en la cara lateral, formando la **celda tiroidea** (Rouvière y Delmas, 2005).

En la parte inferior, a ambos lados de la línea media, rodea el esófago, la tráquea, los nervios laríngeos recurrentes y los ganglios linfáticos asociados (Rouvière y Delmas, 2005).

Presenta en dirección caudal a la glándula tiroides unas expansiones que rodean las venas tiroideas inferiores y los ganglios linfáticos pretraqueales (Rouvière y Delmas, 2005) y alcanzan el tronco venoso braquiocefálico izquierdo y el pericardio (Vieira et al., 2008), denominándose a estas prolongaciones fascia tiropericárdica (Orts Llorca, 1986), cervicopericárdica o tirotimopericárdica (Rouvière y Delmas, 2005), ya que dicha fascia, la hoja profunda de la fascia del plano muscular medio y el ligamento esternopericárdico superior forman la **celda tímica**, donde se encuentra el timo (Rouvière y Delmas, 2005).

2.2.1.3. Paquete vasculonervioso del cuello.

Numerosos autores sugieren que la fascia vasculonerviosa está compuesta por todas las capas de la fascia cervical (Lindner, 1986; Harnsberger y Osnborn, 1991; Bielowicz et al., 1994; Shah y Levin, 1998). Grodinsky y Holyoke (1938), refieren que la fascia vasculonerviosa recibe contribuciones de la fascia alar (al igual que Scali et al., 2015 y Gavid et al., 2018) en toda su longitud, de la fascia del plano superficial adyacente a los músculos digástricos y esternocleidomastoideos y de la fascia del plano medio donde cubre al músculo esternotiroideo. Para otros autores (Hollingshead, 1982; Standring, 2008) la fascia vasculonerviosa solo estaría formada por la fascia del plano superficial y la fascia del plano medio.

Ozlugedik et al. (2005), consideran que la fascia visceral, la fascia del plano profundo y la fascia alar contribuyen a formar la fascia vasculonerviosa. Para Mukherji y Castillo (1998), la fascia vasculonerviosa es independiente pero recibe contribuciones de la fascia alar.

La fascia vasculonerviosa envuelve a los elementos del paquete vasculonervioso del cuello, formado por la arteria carótida común hasta su bifurcación, la vena yugular interna y el nervio vago. Se extiende desde la base del cráneo hasta la raíz del cuello (Moore y Dalley, 2007). Además de la vaina común que rodea a estos elementos, cada uno de ellos está envuelto por una vaina propia que los separa entre sí, denominada *septum vasorum* (Orts Llorca, 1986). Estos hallazgos han sido confirmados recientemente por Hayashi (2007), que afirma que la fascia vasculonerviosa estaría formada por la adventicia que rodea a la arteria carótida común y a la vena yugular interna, así como por la vaina común que rodearía a todas las estructuras en su conjunto. La vaina arterial es más laxa que la venosa, lo que según Orts Llorca (1986), se explicaría por las pulsaciones arteriales.

La arteria carótida común ocupa la parte medial del paquete vasculonervioso (Rouvière y Delmas, 2005) y su bifurcación en las arterias carótida interna y externa ocurre a 1 cm por encima del cartílago tiroides. En dicha bifurcación se encuentra el seno carotídeo, dilatación fusiforme del ángulo que forma dicha bifurcación (aunque más en relación con la arteria carótida interna), rica en terminaciones nerviosas provenientes de los nervios craneales glosofaríngeo y vago, así como del tronco simpático cervical, y que actúa como un barorreceptor de la presión arterial (Rouvière y Delmas, 2005). En la cara posterior de la bifurcación se visualiza el glomus o cuerpo carotídeo, corpúsculo formado por células epiteliales, numerosos capilares y terminaciones nerviosas (la mayoría procedentes del nervio glosofaríngeo), que actúa como un quimiorreceptor que modifica de forma refleja el ritmo respiratorio en función de las variaciones químicas de la sangre (pO_2 , pCO_2 y variaciones del pH) (Moore y Dalley, 2007).

La vena yugular interna es lateral a la arteria, mientras que el nervio vago se encuentra en el ángulo diedro formado entre ellas. La fascia vasculonerviosa engloba también a varias estructuras nerviosas:

- Nervios cardíacos cervicales (Orts Llorca, 1986), ramas del nervio vago.
- Nervios que conforman el asa del hipogloso (Rouvière y Delmas, 2005; Hayashi, 2007).
- Ramos vasculares de los nervios glossofaríngeo, vago y del tronco simpático cervical, que forman alrededor del seno carotídeo el plexo intercarotídeo (Rouvière y Delmas, 2005; Hayashi, 2007).

La fascia vasculonerviosa tiene adherencias, en su parte lateral y caudal, con las fascias de los planos musculares medio y profundo a través de los tabiques sagitales (Orts Llorca, 1986) y de la fascia alar (Guidera et al., 2014). Se prolonga en la base del cuello sobre los troncos venosos braquiocefálicos y sobre la aorta (Testut y Latarjet, 1983). En su parte superior se encuentra en relación con el espacio retroestíleo y los músculos estilogloso y estilofaríngeo (Kitamura, 2017). Según Khafif-Hefetz et al. (2004), la fascia vasculonerviosa constituye una barrera a la diseminación metastásica tumoral. Sin embargo, algunos autores (Everts y Echevarría, 1973; Berkovitz y Moxham, 1988; Viera et al., 2008) consideran a la fascia vasculonerviosa un compartimento en el que puede propagarse infecciones hacia el mediastino, lo que comúnmente se ha conocido como “autopista de Lincoln”, término acuñado por Mosher en 1920.

2.2.1.4. Espacios periviscerales del cuello.

Las fascias cervicales y su relación con el resto de estructuras anatómicas, conforman unos espacios anatómicos de interés clínico e.g. en la propagación de infecciones. Puesto que las fascias cervicales se continúan cranealmente con las de la cabeza y caudalmente con las del tórax, axilas y miembros superiores, los espacios que forman alcanzan dichos territorios. Sin embargo, vamos a centrar nuestro estudio en los espacios retroestíleo, como continuación del paquete vasculonervioso, retrovisceral y prevertebral, tanto por su importancia clínica como en el desarrollo embrionario.

a) Espacio retroestíleo.

El espacio retroestíleo podría definirse como la continuación en sentido craneal del paquete vasculonervioso del cuello, ya que contiene a las arterias carótidas interna y externa, la vena yugular interna y los nervios craneales del IX al XII y el ganglio simpático cervical superior, todo ello inmerso en una pequeña cantidad de tejido fibroadiposo que contiene a los ganglios yugulodigástricos. Se sitúa posterior con respecto a los músculos estilogloso y estilofaríngeo y se abre medialmente al espacio retrovisceral. Se dispone como un plano de clivaje entre la fascia vasculonerviosa y el vientre posterior del músculo digástrico envuelto por la fascia del plano muscular superficial. Por él discurre también la arteria occipital permitiendo su disección (Rouvière y Delmas, 2005; Kitamura, 2017).

a) Espacio retrovisceral.

El espacio retrovisceral, está situado posterior respecto a la faringe y al esófago, por lo que se denomina retrofaríngeo en la parte superior y retroesofágico en la inferior (ver plano muscular profundo). Según autores se describe de forma diferente. Unos consideran que se encuentra limitado entre la fascia del plano muscular profundo y la parte posterior de la fascia visceral (Kitamura, 2017). Otros entre la fascia alar y la fascia visceral (Lindner, 1986). Por último, existe un tercer grupo de autores, (Grodinsky y Holyoke, 1938; Vieira et al., 2008; Debnam y Guha-Thakurta, 2012; Gavid et al., 2018), que consideran que la fascia alar divide el espacio retrovisceral en dos partes, una anterior o retrovisceral propiamente dicho, y otra posterior entre la fascia alar y la fascia del plano muscular profundo, llamado “espacio peligroso” (***danger space***), espacio omitido en su descripción por aquellos autores que consideran que no existe la fascia alar. El espacio peligroso alcanzaría el diafragma y contiene tejido conjuntivo laxo (Ozlugedik et al., 2005; Vieira et al., 2008). Estos espacios permiten el deslizamiento de las vísceras durante la deglución y que no sufran daño durante los movimientos de flexión y extensión de la cabeza y del cuello (Testut y Latarjet, 1983).

El espacio retrovisceral se extiende desde la base del cráneo hasta la parte superior del mediastino posterior, según autores entre los niveles vertebrales C6-T4 (Grodinsky y Holyoke, 1938), T2-T4 (Lindner, 1986; Vieira et al., 2008) o T1-T6 (Davis et al., 1990). Es una importante vía de comunicación entre la cabeza y el cuello con el mediastino, permitiendo la propagación de infecciones (Orts Llorca, 1986; Debnam y Guha-Thakurta, 2012). Contiene tejido graso y en su porción suprahioidea presenta ganglios linfáticos (entre los cuales se encuentran los ganglios de Rouvière), que normalmente se aprecian en la infancia y se comienzan a atrofiar en la adolescencia (Debnam y Guha-Thakurta, 2012). Feigl (2015), afirma que contiene los lóbulos tiroideos. Según Vieira et al. (2008), la importancia clínica de la fascia alar y el espacio retrovisceral radica en que si la infección se contiene dentro del espacio anterior (o retrovisceral propiamente dicho) sin transgredir la fascia alar, tendrá mejor pronóstico, ya que no se extenderá por todo el mediastino gracias a la fusión de la misma con la fascia visceral a nivel de T2-T4; sin embargo, si la infección alcanza el espacio peligroso, existe una mayor posibilidad de que se disemine por todo el mediastino produciendo una mediastinitis, ya que como se ha referido anteriormente, el espacio peligroso alcanza el diafragma.

Los tumores primarios que se encuentran en el espacio retrovisceral son muy raros. El más frecuente es el lipoma (Debnam y Guha-Thakurta, 2012), mientras que las lesiones malignas son aún menos frecuentes, como los liposarcomas o el sarcoma sinovial (Gundelach et al., 2005; Ozawa et al., 2007).

La diseminación tumoral directa por invasión del espacio suele ser por el carcinoma nasofaríngeo o por el carcinoma de células escamosas orofaríngeo, que pueden extenderse por dicho espacio en toda su extensión, aunque la invasión al compartimento intracraneal es más típica del carcinoma nasofaríngeo (Debnam y Guha-Thakurta, 2012).

Las metástasis linfáticas más frecuentes que afectan a dichos ganglios son debidas al carcinoma nasofaríngeo y al carcinoma de células escamosas de orofarínge y laringe: la infiltración de dichos ganglios se asocia a peor pronóstico,

peor respuesta al tratamiento, mayor riesgo de metástasis a distancia y peor control local de la enfermedad (Chua et al., 1997; Tham et al., 2009).

Otras lesiones que pueden hallarse en el espacio retrovisceral son los quistes branquiales, quistes de duplicación, adenoma paratiroideo ectópico, malformaciones vasculares o colecciones líquidas, como abscesos (Miller et al., 1997; Graber y Kathol, 1999; Debnam y Guha-Thakurta, 2012).

c) Espacio prevertebral.

El espacio prevertebral se encuentra entre la fascia del plano muscular profundo y los cuerpos vertebrales y contiene músculos y tejido graso (Debnam y Guha-Thakurta, 2012). Se extiende desde la base del cráneo hasta el cóccix. Está separado lateralmente de los espacios paravertebrales (que contienen la musculatura escalénica, el músculo elevador de la escápula, músculos esplenios de la cabeza y del cuello, raíces nerviosas del plexo braquial y arteria y vena vertebral), por las inserciones de la fascia del plano muscular profundo en los procesos transversos cervicales.

Los tumores primarios que pueden encontrarse en el espacio prevertebral son sarcomas, normalmente musculares. La invasión directa del espacio prevertebral puede ser debida a cordomas o lesiones primarias medulares. Otras lesiones que pueden encontrarse en este espacio son: abscesos, malformaciones vasculares, osteomielitis espinal o hernias discales anteriores (Nishiguchi et al., 2011; Debnam y Guha-Thakurta, 2012).

2.3. DESARROLLO EMBRIONARIO DE LAS FASCIAS DEL CUELLO

Las fascias del cuello derivan del tejido mesenquimal embrionario (Kardon, 2011). Para Orts Llorca, 1986, la fascia más precoz en observarse es la fascia del plano medio, que aparece con bastante claridad en embriones humanos de 60 mm.

Según Orts Llorca (1986), el mesénquima en contacto con todos los órganos y estructuras del cuello, que inician la diferenciación de forma precoz encontrándose en una fase avanzada de la misma, se empieza a condensar para formar una estructura laminar que dará lugar a las aponeurosis y las fascias.

Para Natale et al. (2015), la formación de las fascias musculares y viscerales es de diferente origen: la fascia muscular o epimisio se compone de dos hojas que rodean al tejido que dará lugar a los músculos y, en aquellas zonas en las que el músculo regresa, las hojas se adhieren dando la impresión que forman una sola fascia. Estas dos láminas actuarían como guía de los movimientos musculares. Las fascias viscerales se componen de una hoja y su formación depende de numerosos factores: el propio desarrollo de órganos, vasos y músculos, pulsos arteriales, actividad de los órganos (peristaltismo, respiración, etc) o los movimientos de cabeza, cuello y tronco. Las células y fibras conectivas de estas fascias estarían orientadas de acuerdo a estos desafíos mecánicos durante su formación.

En los trabajos realizados por Hayes (1950) se sugiere que para el desarrollo de las fascias es necesario un estrés mecánico para que se agrupen las fibras de colágeno, por lo que en el cuello, será necesario el desarrollo de músculos, nervios y vasos sanguíneos, para que genere dicha tensión y estimule el desarrollo de las fascias cervicales.

La importancia del estrés mecánico ha sido observado en numerosos trabajos relacionados con el desarrollo embrionario del sistema musculoesquelético (Arvind y Huang, 2017; Felsenthal y Zelzer, 2017). Las fuerzas producidas tanto de forma extrínseca como intrínseca en los tejidos embrionarios, pueden producir mecanismos de mecanotransducción a través de varias vías de señalización intracelular. El desarrollo del aparato locomotor es un mecanismo muy complejo y sujeto a una coordinación muy precisa, en la que es necesario un adecuado desarrollo muscular que produzca contracciones musculares de forma paralela al desarrollo de los huesos (Hall y Herring, 1990; Henderson y Carter, 2002) y, de esta manera, contribuir a la diferenciación de otras estructuras como las articulaciones (Herbest, 1901), tendones (Kardon, 1998; Huang et al., 2013) y

eminencias óseas (Blitz et al., 2013). Se ha observado que los fetos humanos comienzan a moverse a partir de la 6ª semana de desarrollo (8ª semana de edad postmenstrual), produciéndose la apertura mandibular espontánea entre la 7ª y la 9ª semana de desarrollo y la succión-deglución a la 7ª-8ª semana (Humphrey T, 1968; De Vries et al., 1982; De Vries y Fong, 2006).

2.3.1. Descripción del desarrollo embrionario de las fascias cervicales.

Los estudios específicos y sistemáticos sobre el desarrollo de las fascias del cuello son muy escasos. Sin embargo, existen algunos trabajos que se han centrado en diferentes regiones y estructuras. Así, se ha estudiado el desarrollo del espacio retroperitoneal (Mirilas y Skandalakis, 2009) y de la fascia de Denonvilliers (Kim et al., 2016); a nivel cervical, se ha analizado la composición en fibras elásticas utilizando fetos humanos (Kinoshita et al., 2012) o la constitución de algunos compartimentos como el suprahioideo y el parafaríngeo posterior (Katori et al., 2013) o la constitución de la vaina carotídea mediante disecciones en fetos humanos (Piffer, 1980).

2.3.1.1. Desarrollo embrionario de la fascia del plano muscular superficial.

No hemos encontrado estudios específicos sobre el desarrollo de esta fascia. Según las observaciones de De la Cuadra-Blanco et al. (2013), tanto el platisma como sistema musculoaponeurótico superficial (SMAS), pueden comenzar a observarse en la 8ª semana de desarrollo. Sin embargo esta corresponde a la fascia subcutánea que contribuye a formar el SMAS.

2.3.1.2. Desarrollo embrionario de la fascia del plano muscular medio.

Según las observaciones de Miyake et al. (2010), a las 12 semanas de gestación, la fascia del plano muscular medio no se ha formado completamente, sino que aparece como una banda de tejido conjuntivo entre la musculatura infrahioidea bilateral.

A las 15 semanas, según Miyake et al. (2011), tampoco se identifica con claridad una fascia del plano muscular medio bien desarrollada, sino que cada músculo infrahioideo presenta su propia fascia que presenta inserciones o conexiones con la fascia tímica.

A las 20 semanas del desarrollo, se identifica la fascia del plano muscular medio cubriendo al músculo omohioideo y mostrando relación con la fascia vasculonerviosa mediante inserciones del músculo en la vena yugular interna (Miyake et al., 2010).

Los trabajos de Hayes (1950) y de Miyake et al. (2010) sugieren que el desarrollo de los músculos infrahioideos crea la tracción necesaria para estimular el desarrollo de la fascia del plano muscular medio.

2.3.1.3. Desarrollo embrionario de la fascia del plano muscular profundo.

La fascia del plano muscular profundo comienza a visualizarse a las 9-12 semanas de desarrollo como una lámina intermedia que alcanza ambos músculos largos del cuello (Miyake et al., 2011) al igual que la fascia alar (Miyake et al., 2010). Existiría un espacio con tejido conjuntivo laxo entre dicha fascia y el esófago en el que comenzaría a intuirse el desarrollo de la fascia alar, que alcanza la adventicia de las arterias carótidas comunes, estando fusionada con la fascia del plano muscular profundo en algunos puntos en estos estadios iniciales. La fascia

alar formará la membrana suprapleural sin evidencia que el músculo escaleno mínimo contribuya a ello incluso aunque aparezca como variación anatómica. (Miyake et al., 2011). La fascia del plano muscular profundo se continuará con la fascia endotorácica.

A las 20 semanas de desarrollo, se identifica con claridad la fascia del plano muscular profundo que cubre a los músculos largo del cuello, largo de la cabeza y escaleno anterior (Miyake et al., 2010).

Los tabiques sagitales de la fascia del plano muscular profundo que forman el espacio retrofaríngeo y retroesofágico, se forman debido a la condensación del tejido mesenquimal alrededor de las ramas del tronco simpático o de los nervios craneales que se dirigen hacia las vísceras o vasos durante el período embrionario (Orts Llorca, 1986).

Para Miyake et al. (2010), el precoz desarrollo del músculo largo del cuello sería el estímulo que generaría la tensión necesaria para producir estrés mecánico y por ello, la fascia del plano muscular profundo sería la primera fascia en desarrollarse. Posteriormente, la fascia se expandiría por el aumento de la masa de los músculos largo del cuello y escaleno anterior, que generarían mucha más tracción.

2.3.1.4. Desarrollo embrionario de la fascia visceral.

A las 15 semanas de desarrollo no existe una clara fascia visceral que rodee a la glándula tiroides, paratiroides, faringe, laringe, esófago y tráquea. Sin embargo, sí comienza a visualizarse la fascia que englobará al timo y que parece desarrollarse de forma independiente al resto de fascias (Miyake et al., 2011). Será a las 18 semanas de desarrollo, derivada de la fascia alar, según Miyake et al. (2011), cuando se empiece a formar la fascia visceral, primero en la cara posterior de la glándula tiroides y de las paratiroides, para posteriormente rodear al esófago y tráquea.

2.3.1.5. Desarrollo embrionario de la fascia vasculonerviosa.

A las 12 semanas de gestación, según las observaciones de Miyake et al. (2010), el nervio vago y las ramas nerviosas de los plexos cervical y braquial no presentan su envoltura definitiva, pero sí presentan tejido conjuntivo laxo que las acompaña. Del mismo modo, la arteria carótida común y la vena yugular interna no se encuentran acompañadas de estructuras fasciales.

A las 15 semanas de gestación comienza a visualizarse una condensación mesenquimal con fibras circulares alrededor de las arterias carótida común, carótida interna, carótida externa y subclavia, que dará lugar a la adventicia definitiva (Miyake et al., 2010), pero no se identifica una clara vaina común que englobe a las estructuras del paquete vasculonervioso del cuello. Inicialmente la vaina de la arteria carótida común aparece independiente y separada de la que rodea a la vena yugular interna y al nervio vago.

Es a las 18 semanas cuando parece visualizarse la vaina común, especialmente en la parte inferior (Miyake et al., 2011) donde se continuará con la vaina de la arteria subclavia, y que se hará mucho más evidente a partir de las 20 semanas, conteniendo además abundantes estructuras nerviosas (Miyake et al., 2010). En ese momento se identifican con más claridad las adventicias de cada estructura a modo de septos tisulares de tejido conjuntivo. Alrededor de la vaina común se desarrolla tejido linfograso similar a un grueso cinturón que ocupa el espacio entre el músculo esternocleidomastoideo y escaleno anterior y que se continúa con el tejido celular subcutáneo laterocervical limitado por las fascias de los planos musculares medio y profundo. También se observa las inserciones del músculo omohioideo en la vena yugular interna (Miyake et al., 2010).

A las 25 semanas, todas las estructuras nerviosas presentarán sus propias envolturas fasciales (Miyake et al., 2011).

Miyake et al. (2010) opinan que una de las causas del desarrollo más tardío de la fascia vasculonerviosa es el menor estrés mecánico que sufre debido a una

menor tracción muscular, ya que sería el incremento del grosor de los vasos y nervios los que generarían el estrés mecánico. Esto parece observarse a partir de las semanas 12-15, en las que ocurre un importante crecimiento de las grandes arterias y por ello la adventicia es mucho más visible que la propia vaina común. Otra causa que genera estrés mecánico sería los cambios en la posición del nervio vago a lo largo del desarrollo en relación a la arteria carótida común, ya que pasa de ocupar una posición anterior a su disposición definitiva entre la arteria y la vena yugular interna. Asimismo, el ganglio cervical superior del vago y el ganglio nodoso, contribuirían a producir tracción a lo largo del desarrollo embrionario.

JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y **OBJETIVOS**

3. JUSTIFICACIÓN, HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1. JUSTIFICACIÓN

Tal y como se ha expuesto en el apartado anterior, las fascias han recibido escasa atención de los investigadores. Este hecho es posible que haya sido debido a la dificultad para su estudio en las disecciones anatómicas clásicas y a que el interés del disector sea alcanzar planos más profundos para visualizar otras estructuras (músculos, vísceras, vasos y nervios). Creemos que esto ha provocado dos hechos relevantes:

1. No existe uniformidad en la descripción de la disposición de las fascias y compartimentos fasciales del cuello, porque además de las variaciones individuales interpersonales, está la habilidad del disector y el énfasis en la descripción de las estructuras.
2. Todo lo anterior, conlleva a una falta de uniformidad y consenso en la nomenclatura de las fascias y compartimentos fasciales del cuello, lo que provoca controversia en la literatura científica y errores de interpretación. Además, hay elementos fasciales que no están descritos en los principales tratados de Anatomía, como la fascia alar, y pueden desempeñar un papel funcional importante.

Por otro lado, numerosos estudios recientes han enfatizado la importancia clínica y funcional de las fascias y sus espacios en el organismo humano. Recientemente se ha sugerido la importancia de los factores mecánicos (mecanotransducción), propioceptivos y nociceptivos en la función de las fascias.

Los estudios sobre el desarrollo de las fascias son escasos y están enfocados a analizar la configuración de algunos espacios o compartimentos descritos en el

adulto, pero no aclaran los factores que pueden influir en el desarrollo de las fascias y sus espacios anexos.

Creemos que todo lo anterior justifica que realicemos un análisis del desarrollo embrionario y fetal temprano de las fascias del cuello tratando de aclarar los factores que condicionan su formación y su posible papel funcional.

3.2. HIPÓTESIS DE TRABAJO

El estudio seriado de embriones y fetos humanos nos permite analizar cómo se desarrollan las fascias en el cuello así como los posibles factores que contribuyen al mismo, tratando de comprender el porqué de los compartimentos anexos del cuello en humanos.

Nuestro estudio puede aportar nuevos datos sobre la disposición y funcionalidad de estas estructuras en el cuello. La disposición de las fascias se tratará de comprobar en secciones seriadas transversales y sagitales de adultos humanos. De igual forma, se disecarán los planos fasciales del cuello del humano adulto (regiones esternocleidomastoidea, vasculonerviosa, infrahioidea) para ver las relaciones que mantienen entre sí las diferentes estructuras fasciales.

3.3. OBJETIVOS

3.3.1. Objetivos generales.

1. Estudiar las secciones seriadas de embriones y fetos humanos para tratar de analizar el desarrollo y formación de las fascias y compartimentos fasciales del cuello.
2. Estudiar la disposición de las fascias y compartimentos anexos en secciones seriadas de cuello de cadáveres adultos.

3. Estudiar las relaciones entre los planos fasciales mediante técnicas de disección clásica.

3.3.2. Objetivos específicos.

1. Estudiar cómo y cuándo se desarrollan las fascias y compartimentos fasciales en especímenes humanos.
2. Comprobar los posibles factores que contribuyen a su formación.
3. Observar, comprobar y definir la presencia de estructuras de tipo fascial descritas por algunos autores en el adulto y no reconocidas en la terminología anatómica ni en los libros de texto clásicos anatómicos.
4. Definir espacios de gran importancia clínica.
5. Analizar la disposición de las estructuras fasciales, compartimentos y espacios anexos en secciones seriadas de cadáveres adultos.
6. Realizar disecciones de cuello en cadáveres adultos mediante el método clásico, manteniendo y conservando las estructuras fasciales para tratar de comprobar sus relaciones.
7. Revisar la terminología de las fascias y compartimentos anexos y establecer una nomenclatura común para permitir una correcta interpretación de las mismas.

MATERIAL Y MÉTODOS

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. ESTUDIO DE LAS FASCIAS DEL CUELLO EN EMBRIONES Y FETOS

Tras revisar el material disponible, se analiza el periodo entre la 6ª y 12ª semana de desarrollo puesto que los embriones y fetos fuera de este periodo no aportan datos relevantes a este estudio. Finalmente, se han estudiado 27 embriones humanos cuya longitud abarca entre los 12-30 mm, correspondientes a los estadios 17-23 de Carnegie (6-8 semanas de desarrollo), y 25 fetos humanos de entre 37-80 mm de longitud (9-12 semanas de desarrollo).

Los especímenes estudiados pertenecen a la Colección del Instituto de Embriología de la Universidad Complutense de Madrid. Este estudio ha sido aprobado por el Comité de Ética de Investigación Clínica del Hospital Clínico San Carlos. Todos los especímenes fueron fijados en formol neutro al 10%; seguidamente se deshidrataron con alcohol a concentraciones crecientes aclarando en unos casos con benzoato de metilo y benceno (especimen GI-4) y con butanol (el resto) e incluidos posteriormente en parafina según la técnica de Peterfi. Posteriormente, se cortaron seriadamente obteniendo cortes en los tres planos del espacio de entre 10 y 25 μ m de grosor. Los fetos de más de 45 mm fueron decalcificados en una solución de ácido tricloroacético al 5% diluida en formol neutro al 15%. El tiempo de decalcificación varía según el tamaño del espécimen, oscilando entre cinco días para los de menor tamaño y un mes para los de mayor tamaño. Las secciones fueron teñidas con diferentes técnicas (hematoxilina-eosina, azán, tricrómico de Masson, método en bloque de Bielchowsky) según el proceder de McManus y Mowry (1968). El estudio morfodescriptivo se realizó con un microscopio Nikon Eclipse DXM 1200 acoplado a un PC Pentium IV (Figura 2).

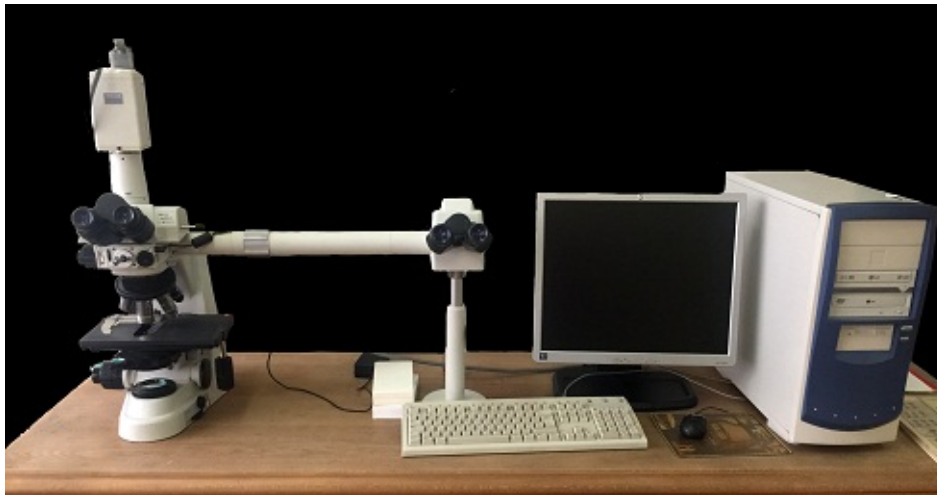


Figura 2. Fotografía del equipo empleado para el estudio morfodescriptivo.

El plano de sección, la longitud, y el periodo del desarrollo (O'Rahilly y Müller, 1987, 1996) de los embriones y fetos se exponen en las tablas 2 y 3, respectivamente.

El procedimiento seguido en las distintas técnicas de tinción empleadas fue el siguiente.

Técnica de tinción con hematoxilina – eosina:

1. Desparafinar en xilol de 12 a 15 minutos.
2. Hidratar con serie decreciente de alcoholes.
3. Lavar con agua corriente.
4. Desparafinar en xilol de 12 a 15 minutos.
5. Hidratar con serie decreciente de alcoholes.
6. Lavar con agua corriente.
7. Hematoxilina de Harris 10- 15 minutos.
8. Lavar con agua destilada hasta virar.
9. Eosina al 1 % durante 2 minutos.
10. Deshidratar.
11. Carboxilol 10 minutos.
12. Xilol 10 minutos.
13. Montaje en bálsamo.

Técnica de tinción de Azán:

1. Desparafinar con xilol, hidratar y lavar.
2. Azocarmín de 20 a 30 minutos a 60° centígrados.
3. Lavado en agua.
4. Diferenciación en alcohol – anilina al 0,1% (anilina en alcohol de 90°).
5. Ácido acético al 1% en alcohol de 96° de 2 a 3 minutos.
6. Ácido fosfotúngstico al 5% de 5 a 10 minutos.
7. Lavar en agua.
8. Tinción en ácido acético azul y anilina naranja de 20 a 30 minutos.
9. Lavado en agua.
10. Deshidratar.
11. Carboxilol 10 minutos.
12. Xilol 10 minutos.
13. Montaje en bálsamo.

Solución de azocarmín: disolver por cada 100 cc de agua destilada 0,1 g de azocarmín G. Hervir la solución. Dejar enfriar, filtrar, añadir 1 cc de ácido acético por cada 100 cc.

Solución de azul de anilina naranja: en 100 cc de agua destilada se disuelven 0,5 g de azul de anilina soluble en agua y 2 g de naranja G. Posteriormente se agregan 8 cc de acetato, haciendo ebullición la totalidad. Después de un enfriamiento lento se filtra la solución. Para teñir, se mezclará la solución anterior con agua destilada, en relación de 1:1 hasta 2:3.

Técnica de tinción del tricrómico de Masson:

1. Desparafinar.
2. Serie decreciente de alcoholes.
3. Lavar con agua.
4. Hematoxilina férrica, 3 minutos.
5. Lavado en agua.
6. Solución al 0,5% del clorhídrico en alcohol de 70%.
7. Lavar en agua corriente y aclarar en agua destilada.

8. Ponceau 2R al 1 % en ácido acético al 1%. Se mezclan dos partes de la primera solución y una de la segunda (7 minutos).
9. Agua destilada.
10. Ácido fosfomolibdico al 1% durante 5 minutos.
11. Agua destilada.
12. Azul de anilina 3 minutos.
13. Lavado en ácido acético al 1% teniéndolos al menos 1 minuto.
14. Deshidratación.
15. Carboxilol 10 minutos.
16. Xilol 10 minutos.
17. Montaje

Técnica de tinción en bloque de Bielschowsky:

1. Fijación en formol neutro de Creta, de una semana a un mes.
2. Piridina al 50% en agua destilada, 3 a 4 días.
3. Lavado en agua corriente de 12 a 24 horas.
4. Lavado en agua destilada renovándola varias veces de 12 a 24 horas.
5. Nitrato de plata al 3% a 36° de 3 a 5 días.
6. Lavado en agua destilada (pase rápido).
7. Plata amoniacal, 24 horas

Preparación de la plata amoniacal: 10 cc de nitrato de plata al 10% en una probeta, añadir 5 gotas de sosa muy pura al 40% (sosa en barras). Añadir amoniaco gota a gota hasta que desaparece el precipitado y completar con agua destilada hasta 100cc.

8. Lavado en agua destilada cambiándola frecuentemente de 1 a 2 horas.
9. Reducción en formol neutro al 10%, de 10 a 12 horas.
10. Lavado en agua destilada.
11. Inclusión rápida en parafina.
12. Cortar.
13. Desparafinar y montar.

Embrión	Longitud	Semana	Corte
MTD	12	6	Frontal
MAR	12	6	Transversal
GI1	12,5	6	Transversal
GV6	13	6	Frontal
MTE	13	6	Frontal
ESC9	14	6	Frontal
JF2	14,5	6	Frontal
GV8	14,5	6	Frontal
GV3	15	6	Sagital
NO	15	6	Frontal
CU	15,5	6	Frontal
CIV2	16	6	Transversal
Esc14	17	6	Transversal
MAR2	18	6	Transversal

Tabla 2. Embriones

Embrión	Longitud	Semana	Corte
CIV1	18	6	Transversal
2H2	19,5	7	Frontal
Cas	20	7	Frontal
ES7	20	7	Transversal
AR	21,5	7	Transversal
GV60	22	7	Transversal
C1	26	7	Transversal
E02	26	7	Transversal
PT10	26	7	Frontal
GI4	26,5	8	Frontal
BR4	28	8	Frontal
Ca2	29	8	Transversal
LR7	30	8	Transversal

Embrión	Longitud	Semana	Corte
Me1	37	9	Frontal
OI	38	9	Frontal
OY2	38	9	Sagital
Be606	40	9	Transversal
JR3	43	10	Frontal
OC	43	10	Frontal
BE	47	10	Sagital
Be503	48	10	Frontal
PT7	51	10	Sagital
Ca6	52	11	Frontal
JR1	55	11	Frontal
JP1	56	11	Transversal
Fe21	57	11	Transversal

Tabla 3. Fetos

Embrión	Longitud	Semana	Corte
B52	57	11	Transversal
Mu1	58	11	Transversal
Be101	65	11	Frontal
R11	69	12	Transversal
BE113	70	12	Frontal
BU14	72	12	Transversal
MU11	72	12	Transversal
HL30	74	12	Transversal
JR8	75	12	Frontal
PT12	75	12	Frontal
Pu1	77	12	Transversal
JR6	80	12	Frontal

4.2. ESTUDIO DE LAS FASCIAS DEL CUELLO EN CADÁVERES ADULTOS

Se han utilizado 5 cadáveres de edades comprendidas entre 72 y 84 años pertenecientes a los extintos Departamentos de Anatomía y Embriología Humana I y II de la Facultad de Medicina de la Universidad Complutense de Madrid. En la actualidad depositados y gestionados por el Centro de Donación de Cuerpos y Salas de Disección de la Universidad Complutense. En dos especímenes se realizaron secciones transversales y en otro espécimen se realizaron secciones sagitales. Otros dos especímenes fueron disecados bilateralmente mediante el siguiente proceder, respetando las fascias a diferencia de la disección anatómica clásica:

1. Se realiza una incisión en la piel desde las apófisis mastoides hasta la línea media del mentón siguiendo el borde inferior del cuerpo de la mandíbula. Se continúa dicha incisión en la línea media hasta alcanzar la escotadura yugular del esternón y se prolonga siguiendo el relieve clavicular hasta la articulación acromioclavicular.
2. Se levanta el tejido celular subcutáneo para exponer el plano fascial superficial y el platisma.
3. Se levanta el platisma para evidenciar la fascia del plano muscular superficial. Esta fascia forma la línea alba en la parte anterior y media y rodea al músculo esternocleidomastoideo. También se disecan las venas yugulares anteriores, la vena yugular externa y los ramos cutáneos del plexo cervical que divergen desde el punto de Erb.
4. Se secciona la fascia del plano muscular superficial para acceder al plano muscular medio. Observamos las cabezas de origen del músculo esternocleidomastoideo, la musculatura infrahioidea rodeada por la fascia de dicho plano, la glándula submandibular en la región craneal y bajo el músculo esternocleidomastoideo se evidenciará la fascia vasculonerviosa que engloba al paquete vasculonervioso del cuello, en íntima relación con la fascia posterior del músculo.
5. Se seccionan los músculos infrahioideos para acceder a la celda tiroidea y exponer tanto la glándula tiroidea como las glándulas paratiroides, la

tráquea y el esófago. Se respetan a los nervios recurrentes localizados en el surco traqueoesofágico.

6. Tras seccionar (o rechazar) el paquete vasculonervioso se expone el tejido areolar y graso que queda posteromedial al mismo que nos permite acceder a la fascia del plano profundo. Esta fascia rodea a los músculos prevertebrales y a los músculos escalenos, así como al espacio retrovisceral relleno por tejido areolar. Observamos también una estructura más fibrosa, dispuesta entre los paquetes vasculonerviosos, la fascia alar.

RESULTADOS

5. RESULTADOS

Nuestro estudio analiza el desarrollo, disposición y relaciones anatómicas de las fascias en la región anterolateral del cuello. Para la descripción de los resultados en los embriones y fetos, se procederá según la siguiente sistematización:

- Plano muscular superficial.
- Plano muscular medio.
- Plano muscular profundo.
- Eje visceral.
- Paquete vasculonervioso del cuello.

5.1. PERÍODO EMBRIONARIO

5.1.1. 6ª semana de desarrollo embrionario (Estadios de Carnegie 17-19; 12-18 mm).

Al principio de la 6ª semana de desarrollo, el embrión presenta los músculos en estado blastemático, como se puede observar a nivel de la musculatura prevertebral o del músculo esternocleidomastoideo (Figura 3A). El paquete vasculonervioso está bien constituido por la arteria carótida común, el nervio vago y la vena yugular interna rodeado por mesénquima (Figuras 3B y 4). El eje visceral del cuello aparece rodeado de mesénquima indiferenciado.

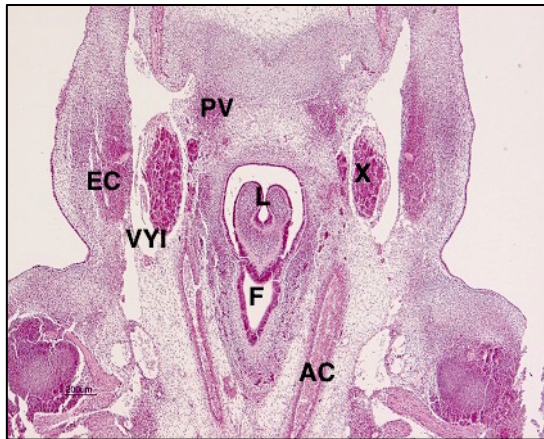


Figura 3A

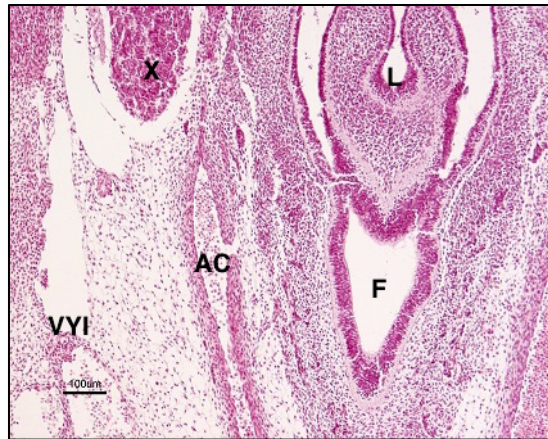


Figura 3B

Figura 3A. Embrión MTD (12 mm GL; 6 semanas de desarrollo). Corte frontal. Hematoxilina-eosina. Se observa a los músculos en estado blastemático con abundante mesénquima alrededor y el paquete vasculonervioso del cuello. Barra: 200 µm. **Figura 3B.** Embrión MTD (12 mm GL; 6 semanas de desarrollo). Corte frontal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura anterior. Barra: 100 µm. AC: Arteria carótida común; EC: Músculo esternocleidomastoideo; F: Faringe; L: Laringe; PV: Músculos prevertebrales; VVI: Vena yugular interna; X: Nervio vago.

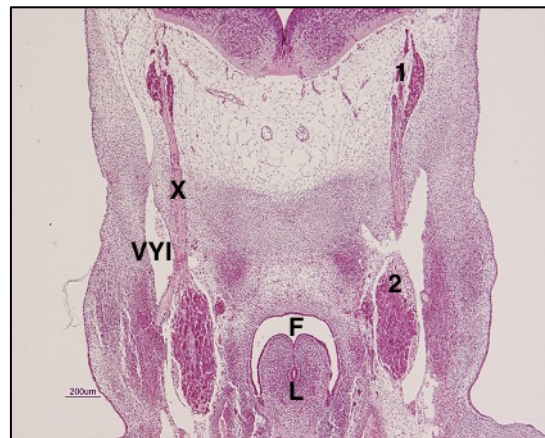


Figura 4

Figura 4. Embrión MTD (12 mm GL; 6 semanas de desarrollo). Corte frontal. Hematoxilina-eosina. Se identifica los ganglios intracraneal y extracraneal del vago rodeados por abundante mesénquima. Barra: 200 µm. F: Faringe; L: Laringe; VVI: Vena yugular interna; X: Nervio vago; 1: Ganglio intracraneal del nervio vago; 2: Ganglio extracraneal del nervio vago.

Al final de la 6ª semana de desarrollo, se observan algunas modificaciones:

PLANO MUSCULAR SUPERFICIAL

En el músculo esternocleidomastoideo se distinguen sus dos porciones: esternal o superficial y clavicular o profunda. Entre las dos porciones se disponen células mesenquimales en línea que se continúan con el mesénquima que rodea al músculo. Entre la porción clavicular y la laguna linfática del cuello el mesénquima aparece condensado (Figura 5B). El músculo trapecio se dispone superficial en la región de la nuca, sus fibras aponeuróticas de origen se dirigen hacia la línea media donde aún no se ha formado el arco vertebral, apareciendo alineado el mesénquima de las aponeurosis de inserción de los músculos de la región nugal (Figura 5A). Entre los mioblastos del músculo se interponen células mesenquimales en dirección oblicua (Figura 6). Entre los bordes mediales del músculo esternocleidomastoideo se dispone el mesénquima alineado (Figura 7). En el triángulo cervical posterior o espacio supraclavicular, el mesénquima se alinea entre el músculo esternocleidomastoideo y el músculo trapecio (Figura 5B).

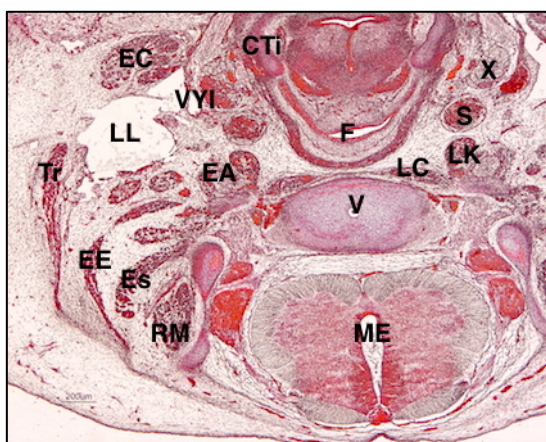


Figura 5A

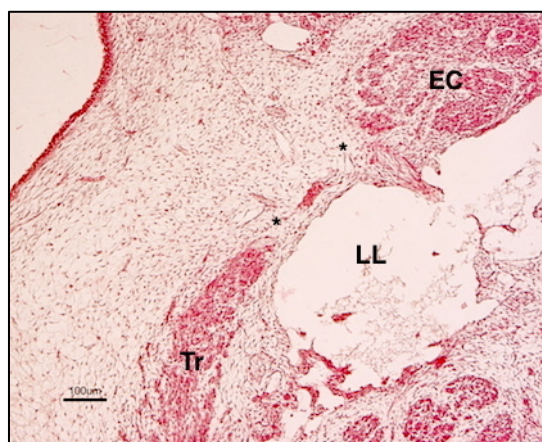


Figura 5B

Figura 5A. Embrión Esc-14 (17 mm GL; 6 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Panorámica del cuello donde se observan a las estructuras rodeadas por tejido mesenquimal. Barra: 200 µm. **Figura 5B.** Embrión Esc-14 (17 mm GL; 6 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura anterior, se aprecia el triángulo cervical posterior o espacio supraclavicular con mesénquima (asteriscos) alineado entre los músculos esternocleidomastoideo y trapecio. Barra: 100 µm. CTi: Cartílago tiroides; EA: Músculo escaleno anterior; EC: Músculo esternocleidomastoideo; EE: Músculo elevador de la escápula; Es: Músculos esplenios; F: Faringe; LC: Músculo largo del cuello; LK: Músculo largo de la cabeza; LL: Laguna

linfática cervical; ME: Médula espinal; RM: Músculo romboides menor; S: Ganglio simpático cervical; Tr: Músculo trapecio; V: Cuerpo vertebral; X: Nervio vago; VYI: Vena yugular interna.

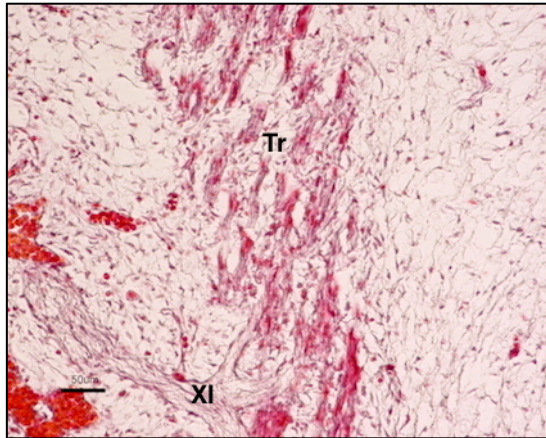


Figura 6

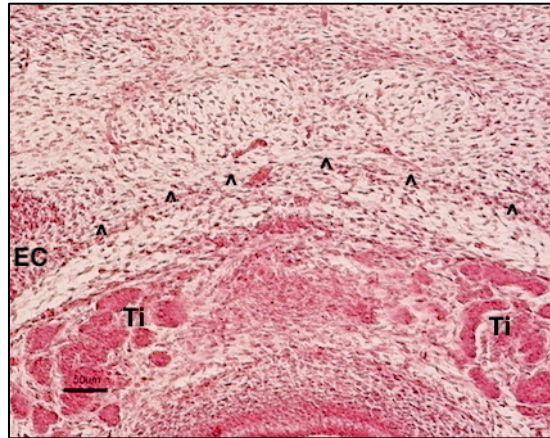


Figura 7

Figura 6. Embrión Esc-14 (17 mm GL; 6 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle del músculo trapecio recibiendo su inervación y presentando tabiques de células mesenquimales intramusculares. Barra: 50 μ m. **Figura 7.** Embrión Esc-14 (17 mm GL; 6 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la región anterior del cuello, en donde se aprecia el mesénquima condensado (puntas de flecha) entre los bordes mediales de los músculos esternocleidomastoideos por delante de los lóbulos tiroideos. Barra: 50 μ m. EC: Músculo esternocleidomastoideo; Ti: Glándula tiroides; Tr: Músculo trapecio; XI: Nervio espinal.

PLANO MUSCULAR MEDIO

Los esbozos de los músculos infrahioideos se disponen ventrales al espacio visceral de cuello. Todos ellos están rodeados por células mesenquimales. Entre el músculo omohioideo y los músculos esternohioideo y esternotiroideo el mesénquima se alinea conectando a los músculos (Figura 8B). Entre los músculos esternohioideos, de igual manera, el mesénquima se dispone alineado (Figura 8A).

En la cara interna del músculo omohioideo se evidencia el mesénquima condensado, contrastando con el mesénquima que cubre su cara externa o superficial. La cara interna del músculo omohioideo se relaciona con la laguna linfática del cuello (Figura 8A).

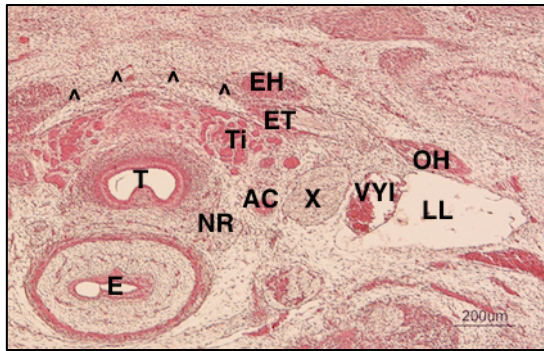


Figura 8A

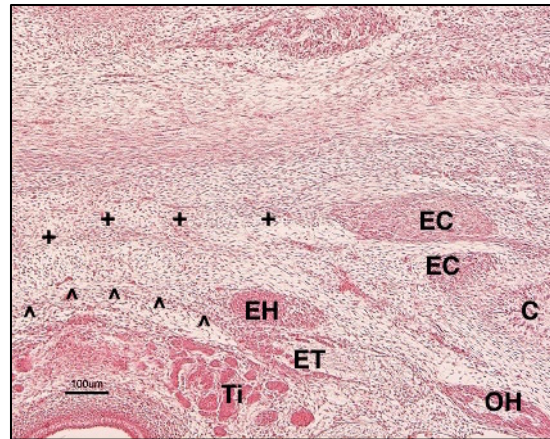


Figura 8B

Figura 8A. Embrión Esc-14 (17 mm GL; 6 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Panorámica del eje visceral y paquete vasculonervioso y sus relaciones con la musculatura infrahioidea. El mesénquima se alinea (puntas de flecha) entre los músculos esternohioideos. Barra: 200 μ m. **Figura 8B.** Embrión Esc-14 (17 mm GL; 6 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura anterior, se observa el mesénquima alineado conectando a los músculos (puntas de flecha) y separándolos de la glándula tiroidea. El músculo esternocleidomastoideo aparece con sus dos porciones de origen, el mesénquima se alinea entre los músculos de ambos lados (cruces). Barra: 100 μ m. AC: Arteria carótida común; C: Clavícula; E: Esófago; EC: Músculo esternocleidomastoideo; EH: Músculo esternohioideo; ET: Músculo esternotiroideo; LL: Laguna linfática cervical; NR: Nervio laríngeo recurrente; OH: Músculo omohioideo; T: Tráquea; Ti: Glándula tiroidea; X: Nervio vago; VYI: Vena yugular interna.

PLANO MUSCULAR PROFUNDO

El músculo largo del cuello (porciones medial y oblicua) está rodeado de mesénquima (Figura 9A). Entre las porciones mediales de ambos músculos largos del cuello se dispone una lámina mesenquimal, que claramente se distingue del ligamento vertebral longitudinal anterior (Figura 9B).

La cadena simpática cervical rodeada de mesénquima se relaciona con el músculo largo del cuello disponiéndose entre ellas una condensación mesenquimal de forma triangular (Figura 9A).

Entre las cadenas simpáticas cervicales el mesénquima comienza a formar una lámina que se interpone entre la de los músculos largos del cuello y la que

rodea al esófago dorsalmente (Figuras 9A y 9B), que consideramos que se corresponde al esbozo de la fascia alar y divide al espacio retrovisceral en dos partes. A ese nivel comienza a aparecer espacios entre el mesénquima alineado. El espacio retrovisceral muestra una menor celularidad desde la base del cráneo hasta C7 (Figuras 10, 11A y 11B).

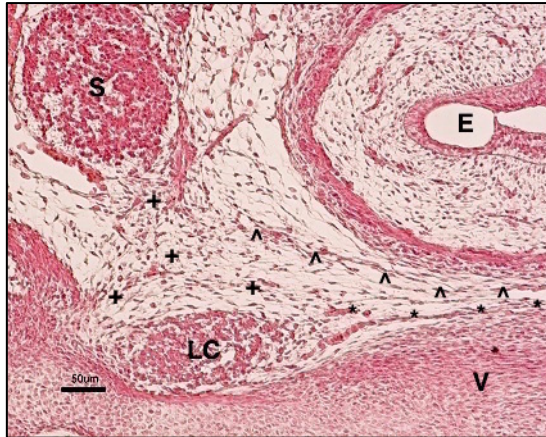


Figura 9A

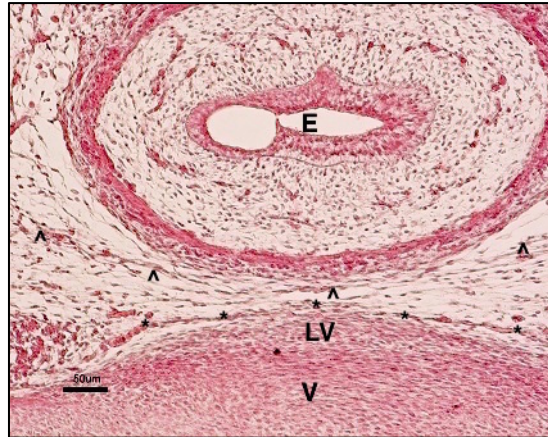


Figura 9B

Figura 9A: Embrión Esc14 (17 mm GL; 6 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Plano muscular profundo. Barra: 50 µm. **Figura 9B:** Embrión Esc14 (17 mm GL; 6 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Imagen medial a la figura anterior, donde se observa el espacio retroesofágico con las dos condensaciones mesenquimales (asteriscos y puntas de flecha). Barra: 50 µm. Asteriscos: Condensación del mesénquima entre los músculos largos del cuello. Cruces: condensación de mesénquima entre ganglio simpático cervical y el músculo largo del cuello. Puntas de flecha: condensación del mesénquima entre los ganglios simpáticos; E: Esófago; LC: Músculo largo del cuello; LV: Ligamento longitudinal anterior; S: Cadena simpática cervical; V: Cuerpo vertebral.

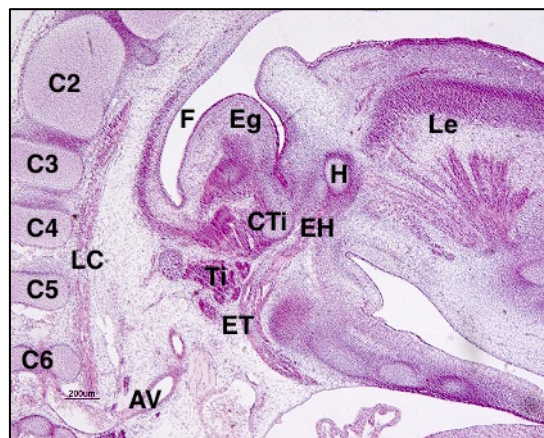


Figura 10

Figura 10: Embrión GV3 (15 mm GL; 6 semanas de desarrollo). Corte sagital. Hematoxilina-eosina. Detalle del espacio retrofaríngeo, del eje visceral y musculatura infrahioidea. Barra: 200 μ m. AV: Arteria vertebral; CTi: Cartílago tiroides; Eg: Epíglotis; EH: Músculo esternohioideo; ET: Músculo esternotiroideo; F: Faringe; H: Hueso hioides; Le: Lengua; Ti: Glándula tiroides.

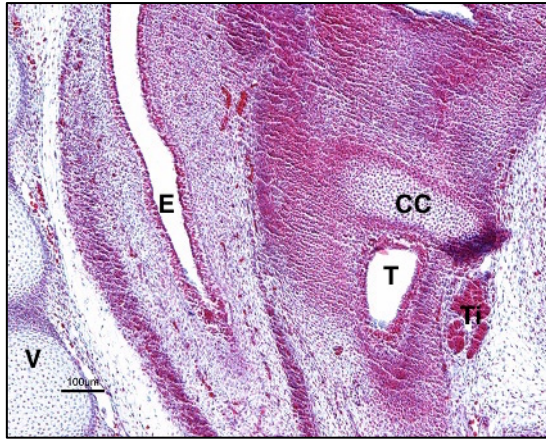


Figura 11A

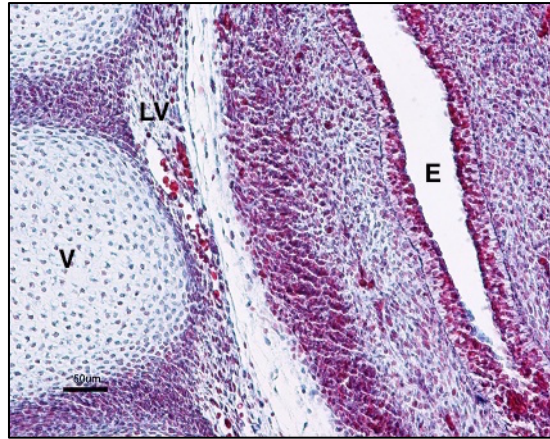


Figura 11B

Figura 11A: Embrión GV3 (15 mm GL; 6 semanas de desarrollo). Corte sagital. Hematoxilina-eosina. Parte craneal del espacio retroesofágico, que muestra menor celularidad. Barra: 100 μ m. **Figura 11B:** Embrión GV3 (15 mm GL; 6 semanas de desarrollo). Corte sagital. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura anterior. Barra: 50 μ m. CC: Cartílago cricoides; E: Esófago; LV: Ligamento longitudinal anterior; T: Tráquea; Ti: Glándula tiroides; V: Cuerpo vertebral.

EJE VISCERAL

Las vísceras del cuello (faringe, laringe, glándulas tiroides y paratiroides, la tráquea y el esófago) están rodeadas de mesénquima. El nervio laríngeo recurrente se sitúa en los ángulos traqueoesofágicos próximos al mesénquima que rodea a las vísceras (Figuras 12A y 12B).

Cada una de las vísceras está rodeada de mesénquima que se interpone entre ellas al igual que entre los folículos tiroideos dentro de la glándula tiroides (Figura 12A).

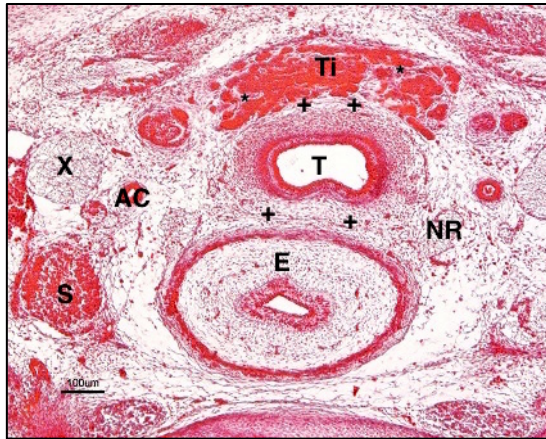


Figura 12A

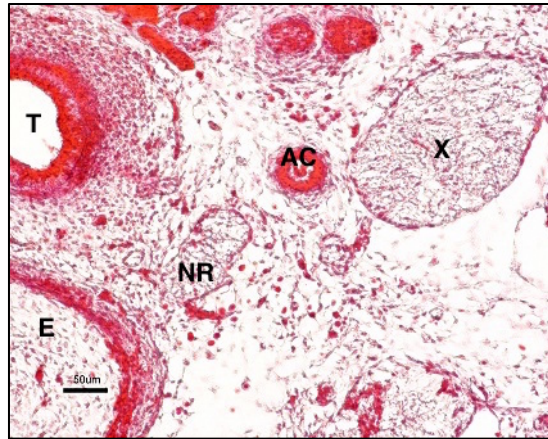


Figura 12B

Figura 12A: Embrión Esc14 (17 mm GL; 6 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Eje visceral del cuello. Se observa el mesénquima que separa las vísceras (cruces) y el que se encuentra entre los folículos dentro de la glándula tiroides (asteriscos). Barra: 100 μ m. **Figura 12B:** Embrión Esc14 (17 mm GL; 6 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura anterior. Barra: 50 μ m. AC: Arteria carótida común; E: Esófago; NR: Nervio laríngeo recurrente; S: Ganglio simpático cervical; T: Tráquea; Ti: Glándula tiroides; X: Nervio vago.

PAQUETE VASCULONERVIOSO DEL CUELLO

El paquete vasculonervioso del cuello está constituido por la arteria carótida común, el nervio vago y la vena yugular interna. Cada estructura está rodeada por células mesenquimales, existiendo una mayor condensación alrededor de la arteria (Figura 13).

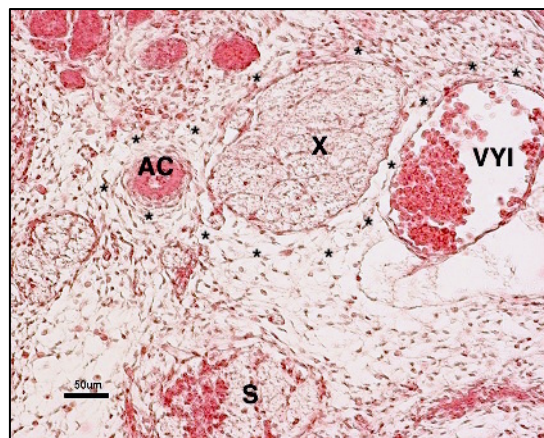


Figura 13

Figura 13: Embrión Esc14 (17 mm GL; 6 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Paquete vasculonervioso del cuello rodeado por mesénquima (asteriscos). Barra: 50 μ m. AC: Arteria carótida común; S: Cadena simpática cervical; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago.

5.1.2. 7ª semana de desarrollo embrionario (Estadios de Carnegie 20-22; 19-26 mm).

PLANO MUSCULAR SUPERFICIAL

El músculo esternocleidomastoideo está rodeado por células de aspecto fusiforme que se corresponden con fibroblastos. Estos se disponen separando las dos porciones del músculo (Figura 14A). Los fibroblastos que rodean la porción clavicular se relacionan con los que rodean la laguna linfática del cuello (Figuras 14A, 14B y 15A). De igual modo, los fibroblastos de la porción clavicular del músculo esternocleidomastoideo se relacionan con los que rodean al nervio cervical transverso (Figuras 14A, 14B, 15A y 15B). Entre los paquetes fibrilares musculares del músculo esternocleidomastoideo aparecen células de aspecto fusiforme que se corresponden con fibroblastos (Figura 14B). En las zonas de proximidad entre las estructuras, los fibroblastos parecen comenzar a producir matriz extracelular, apareciendo esas zonas más condensadas. Es posible observar este hecho entre el músculo esternocleidomastoideo y la vena yugular externa en la figura 15B, sin embargo no es posible verlo en la figura 14A. De igual manera, este hecho se observa entre el músculo esternocleidomastoideo y la laguna linfática y el nervio cervical transverso (Figuras 14B y 15B). Además la pared lateral o superficial de la vena yugular externa también muestra dicho hallazgo (Figura 15B).

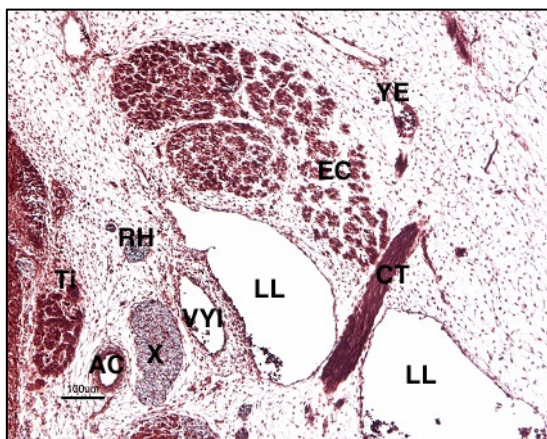


Figura 14A

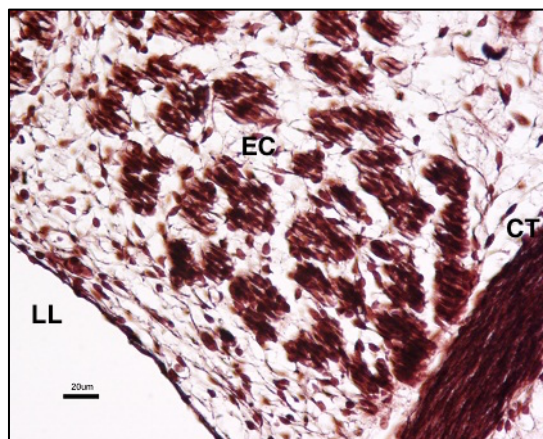


Figura 14B

Figura 14A: Embrión PT10 (26 mm GL; 7 semanas de desarrollo). Corte transversal. Bielschowsky. Relaciones del músculo esternocleidomastoideo con la vena yugular externa, nervio cervical transverso y la laguna linfática. Barra: 100 µm. **Figura 14B:** Embrión PT10 (26 mm GL; 7 semanas de desarrollo). Corte transversal. Bielschowsky. Detalle de la figura anterior. Barra: 20 µm. AC: Arteria carótida común; CT: Nervio cervical transverso; EC: Músculo esternocleidomastoideo; LL: Laguna linfática cervical; RH: Ramo descendente del hipogloso; Ti: Glándula tiroides; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago; YE: Vena yugular externa.

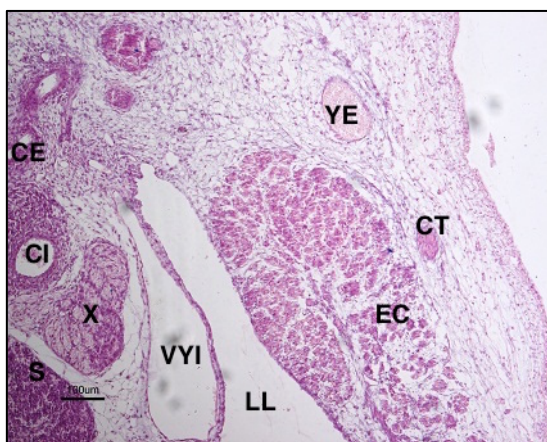


Figura 15A

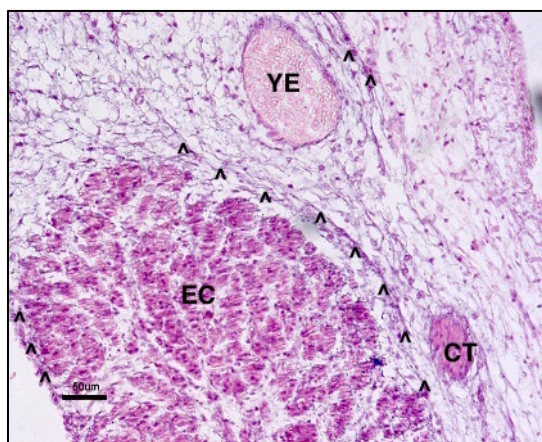


Figura 15B

Figura 15A: Embrión GV60 (22 mm GL; 7 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Músculo esternocleidomastoideo rodeado por fibroblastos alineados que tienden a condensarse en las zonas de contacto con la vena yugular externa o el nervio cervical transverso. Barra: 100 µm. **Figura 15B:** Embrión GV60 (22 mm GL; 7 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura anterior, se muestra con puntas de flecha las zonas de condensación del mesénquima entre estructuras. Barra: 50 µm. CE: Arteria carótida externa; CI: Arteria carótida interna; CT: Nervio cervical transverso; EC: Músculo esternocleido-mastoideo; LL:

Laguna linfática cervical; S: Ganglio simpático cervical; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago; YE: Vena yugular externa.

PLANO MUSCULAR MEDIO

Los músculos infrahioideos se encuentran rodeados por fibroblastos (Figura 16A), especialmente a nivel de su origen esternal (Figura 16B) donde aparecen fibroblastos condensados. En la zona de proximidad del músculo omohioideo con la laguna linfática del cuello (Figuras 17A y 17B) también aparecen fibroblastos que parece que comienzan a producir matriz extracelular.

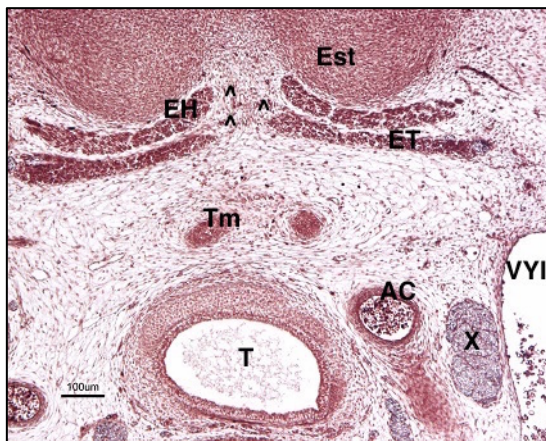


Figura 16A

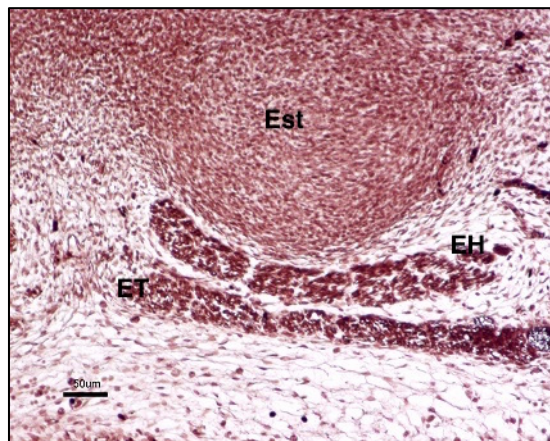


Figura 16B

Figura 16A: Embrión PT10 (26 mm GL; 7 semanas de desarrollo). Corte transversal. Bielschowsky. Origen esternal de la musculatura infrahioidea, con el mesénquima condensado alrededor de los músculos (puntas de flecha). Barra: 100 μ m. **Figura 16B:** Embrión PT10 (26 mm GL; 7 semanas de desarrollo). Corte transversal. Bielschowsky. Detalle de la figura anterior. Barra: 50 μ m. AC: Arteria carótida común; EH: Músculo esternohioideo; Est: Esternón; ET: Músculo esternotiroides; T: Tráquea; Tm: Timo; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago).

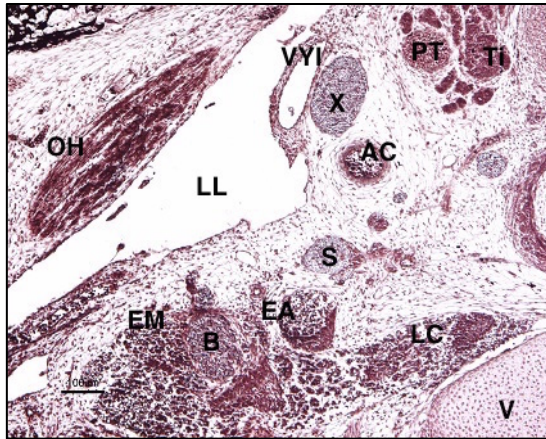


Figura 17A

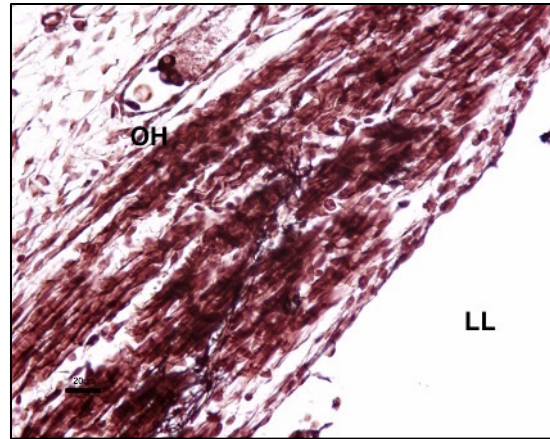


Figura 17B

Figura 17A: Embrión PT10 (26 mm GL; 7 semanas de desarrollo). Corte transversal. Bielschowsky. Paquete vasculonervioso, musculatura escalénica y músculo omohioideo en relación con la laguna linfática cervical. Barra: 100 μ m. **Figura 17B:** Embrión PT10 (26 mm GL; 7 semanas de desarrollo). Corte transversal. Bielschowsky. Detalle de la figura anterior. Barra: 20 μ m. AC: Arteria carótida común; B: Ramas del plexo braquial; EA: Músculo escaleno anterior; EM: Músculo escaleno medio; LC: Músculo largo del cuello; LL: Laguna linfática cervical; OH: Músculo omohioideo; PT: Glándula paratiroides; S: Cadena simpática cervical; Ti: Glándula tiroides; V: Cuerpo vertebral; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago.

PLANO MUSCULAR PROFUNDO

Los músculos escalenos están rodeados por fibroblastos alineados y están atravesados por las ramas del plexo braquial (figura 18A). Los elementos del hiato escalénico se encuentran rodeados por fibroblastos (Figura 18B) y existe un tejido mesenquimal que une a la arteria subclavia sobre la primera costilla (Figura 18C).

La musculatura prevertebral se encuentra cubierta por fibroblastos (Figura 19A). Dorsal al eje visceral se observa una lámina de fibroblastos a nivel de la línea media que comienza a segregar matriz extracelular y que corresponde a la fascia alar (Figura 19B). Esta lámina divide al espacio retrofaríngeo en dos partes. A nivel torácico, el espacio retroesofágico no se encuentra dividido (Figuras 20A y 20B).

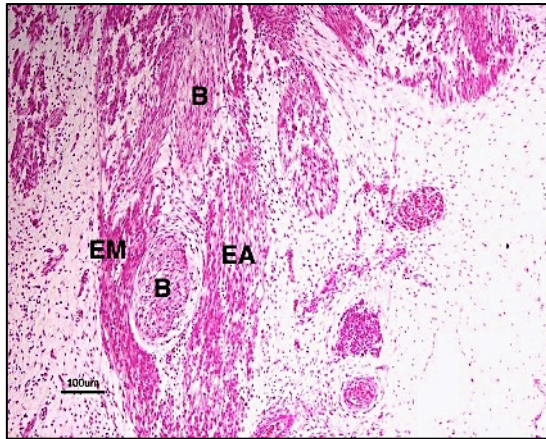


Figura 18A

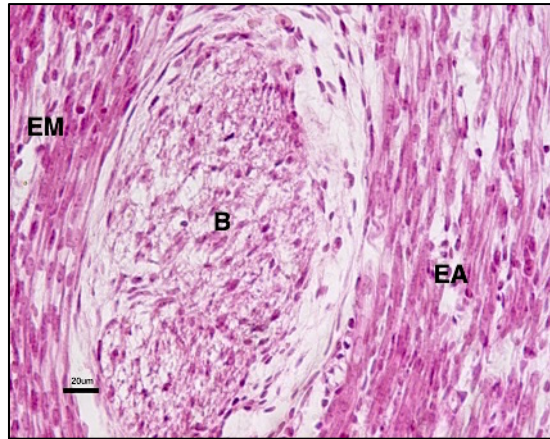


Figura 18B

Figura 18A: Embrión Cas (20 mm GL; 7 semanas de desarrollo). Corte frontal. Hematoxilina-eosina. Se observa a la musculatura escalénica con el plexo braquial atravesando el hiato escalénico. Barra: 100 μ m. **Figura 18B:** Embrión Cas (20 mm GL; 7 semanas de desarrollo). Corte frontal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura anterior. Barra: 20 μ m. B: Ramas del plexo braquial; EA: Músculo escaleno anterior; EM: Músculo escaleno medio.

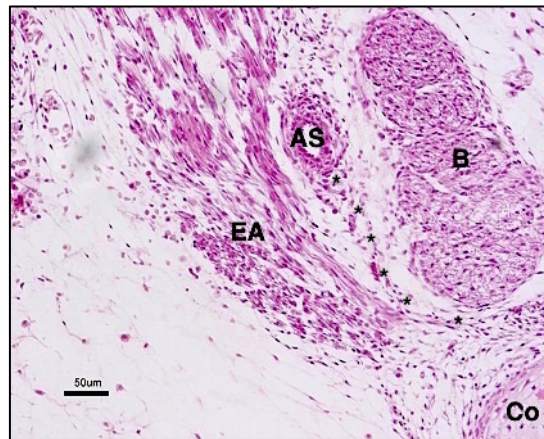


Figura 18C

Figura 18C: Embrión Cas (20 mm GL; 7 semanas de desarrollo). Corte frontal. Hematoxilina-eosina. Detalle del lado contralateral a la figura 18A, en la que se observa al plexo braquial y a la arteria subclavia en el hiato escalénico con un tejido mesenquimal (asteriscos) que la une a la primera costilla. Barra: 50 μ m. AS: Arteria subclavia; B: Ramas del plexo braquial; Co: Costilla; EA: Músculo escaleno anterior.

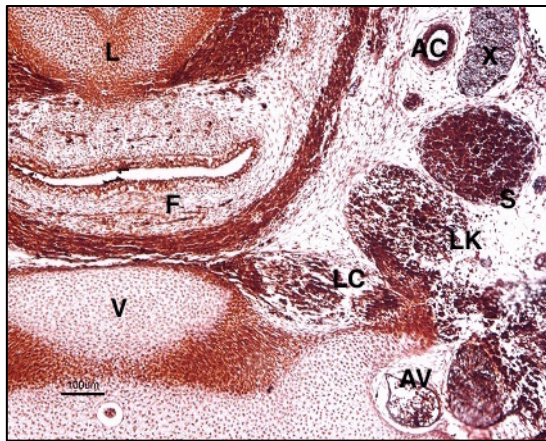


Figura 19A

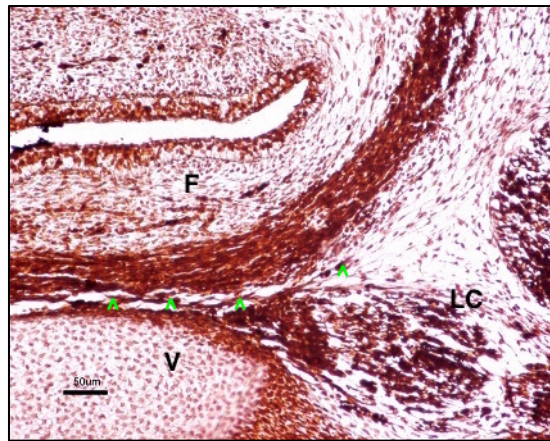


Figura 19B

Figura 19A: Embrión PT10 (26 mm GL; 7 semanas de desarrollo). Corte transversal. Bielschowsky. Corte a nivel de la orofaringe, en donde se observa el espacio retrofaríngeo y el plano muscular profundo. Barra: 100 µm. **Figura 19B:** Embrión PT10 (26 mm GL; 7 semanas de desarrollo). Corte transversal. Bielschowsky. Detalle de la figura anterior, en donde se puede observar el espacio retrofaríngeo con dehiscencias entre las células y una lámina de fibroblastos que lo divide en dos partes y que es el esbozo de la fascia alar (puntas de flecha verdes). Barra: 50 µm. AC: Arteria carótida común; AV: Arteria vertebral; F: Faringe; L: Laringe; LC: Músculo largo del cuello; LK: Músculo largo de la cabeza; S: Ganglio simpático cervical; V: Cuerpo vertebral; X: Nervio vago.

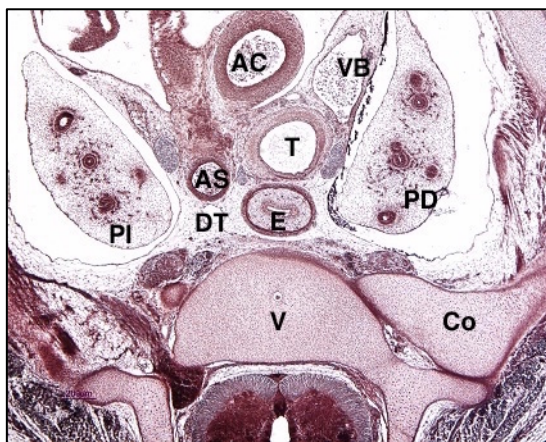


Figura 20A

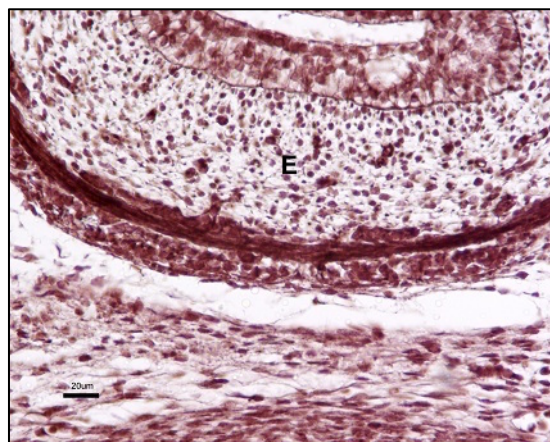


Figura 20B

Figura 20A: Embrión PT10 (26 mm GL; 7 semanas de desarrollo). Corte transversal. Bielschowsky. Imagen panorámica a nivel de T3-T4 para evidenciar el espacio retroesofágico en el tórax. Barra: 200 µm. **Figura 20B:** Embrión PT10 (26 mm GL; 7 semanas de desarrollo). Corte transversal. Bielschowsky. Detalle de la figura anterior. Barra: 20 µm. AC: Arteria carótida común izquierda; AS: Arteria subclavia izquierda; Co: Costilla; DT: Conducto torácico; E: Esófago; PD: Pulmón derecho; PI: Pulmón izquierdo; T: Tráquea; V: Cuerpo vertebral; VB: Vena braquiocefálica derecha.

EJE VISCERAL

No se observan cambios significativos en esta semana de desarrollo.

PAQUETE VASCULONERVIOSO DEL CUELLO

Cada elemento del paquete vasculonervioso está rodeado por células de aspecto fusiforme que se corresponden con fibroblastos y que se alinean rodeando a todas las estructuras (Figura 21). En los puntos de proximidad entre las estructuras del paquete vasculonervioso del cuello y las vecinas (vena yugular interna con laguna linfática cervical o nervio vago con ganglio simpático), los fibroblastos comienzan a segregar matriz extracelular (Figura 22). En los espacios entre los elementos del paquete vasculonervioso se observan células de aspecto más redondeado que corresponden a células mesenquimales. A nivel de la bifurcación carotídea aparece el glomus carotídeo (Figura 21). El ganglio cervical superior del simpático está rodeado por fibroblastos que le separan de la musculatura prevertebral y del nervio vago (Figura 22).

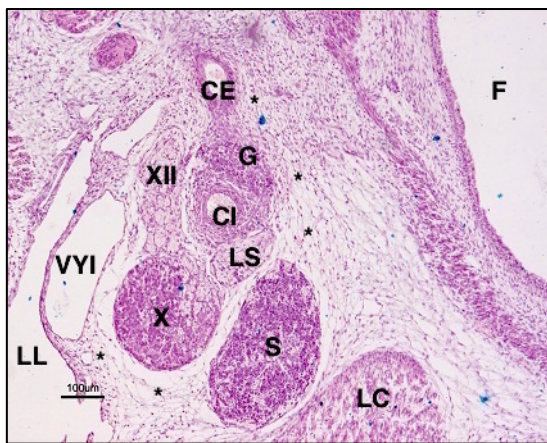


Figura 21

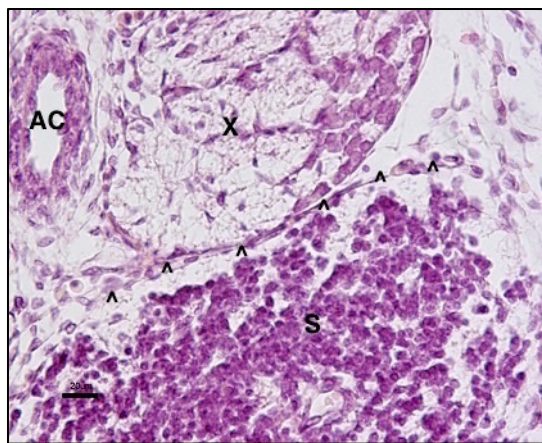


Figura 22

Figura 21: Embrión GV60 (22 mm GL; 7 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Paquete vasculonervioso rodeado de fibroblastos alineados (asteriscos). Se observa al nervio vago que acaba de dar lugar al nervio laríngeo superior. Barra: 100 µm. **Figura 22:** Embrión AR (21,5 mm GL; 7 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle del ganglio simpático rodeado por fibroblastos (puntas de flecha). Barra: 20 µm. CE; Arteria carótida externa; CI: Arteria carótida interna; F: Faringe; G: Glomus carotídeo; LC: Músculo largo del cuello;

LL: Laguna linfática cervical; LS: Nervio laríngeo superior; S: Ganglio simpático cervical; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago; XII: Nervio hipogloso.

5.1.3. 8ª semana de desarrollo embrionario (Estadios de Carnegie 23; 27-31 mm).

PLANO MUSCULAR SUPERFICIAL

En la 8ª semana de desarrollo, en el músculo esternocleidomastoideo se observa en el tabique fascial que separa las dos porciones musculares, vasos y nervios (Figura 23).

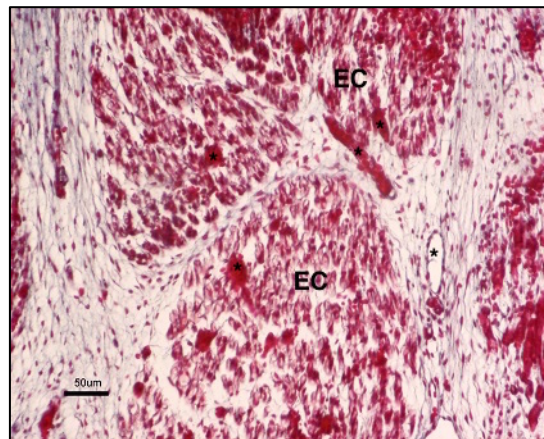


Figura 23

Figura 23: Embrión BR4 (28 mm GL; 8 semanas de desarrollo). Corte frontal. Hematoxilina-eosina. Detalle del músculo esternocleidomastoideo con los tabiques fasciales que contienen vasos y nervios (asteriscos). Barra: 50 µm. EC: Músculo esternocleidomastoideo.

PLANO MUSCULAR MEDIO

Entre los músculos infrahioides se observa cómo confluye la fascia en la parte anterior y media (Figura 24A). Se observa en el interior de los músculos la aparición de tabiques de tejido conjuntivo que corresponde al perimisio y que se distingue del epimisio y de la fascia que envuelve a los músculos, mucho más gruesa y densa (Figura 24B).

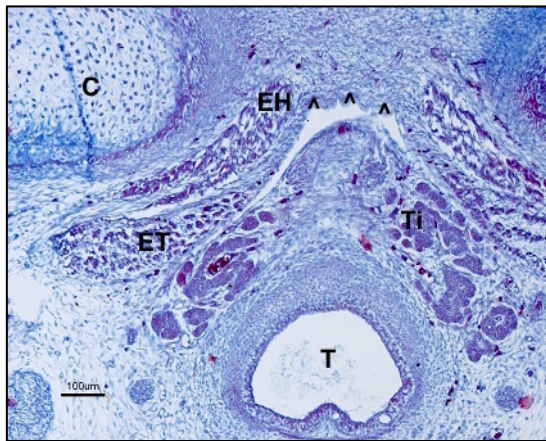


Figura 24A

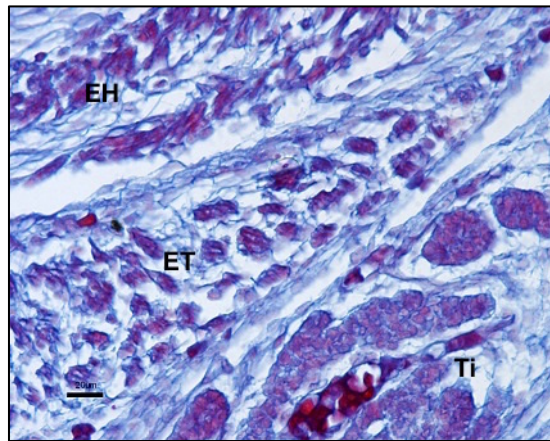


Figura 24B

Figura 24A: Embrión GI4 (26,5 mm GL; 8 semanas de desarrollo). Corte transversal. Azocarmín. Panorámica de la musculatura infrahioidea, en la parte anterior se observa la confluencia de la fascia del compartimento medio (puntas de flecha). Barra: 100 µm. **Figura 24B:** Embrión GI4 (26,5 mm GL; 8 semanas de desarrollo). Corte transversal. Azocarmín. Detalle de la figura anterior. Barra: 20 µm. C: Clavícula; EH: Músculo esternohioideo; ET: Músculo esternotiroideo; T: Tráquea; Ti: Glándula tiroides.

PLANO MUSCULAR PROFUNDO

Durante la 8ª semana, se observa que la fascia del plano profundo es más evidente debido a la formación de matriz extracelular por parte de los fibroblastos (Figura 25).

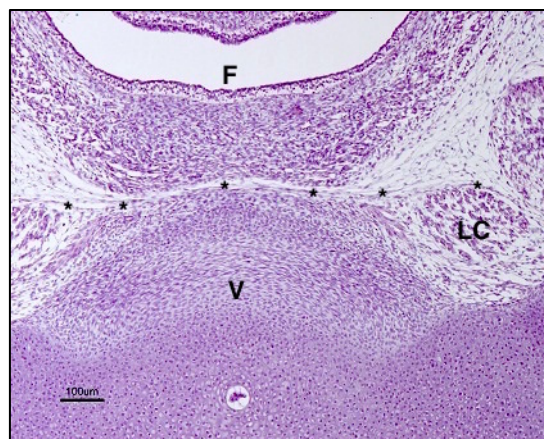


Figura 25

Figura 25: Embrión GI4 (26,5 mm GL; 8 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle del espacio retrofaríngeo en donde se observa el inicio de formación de la fascia del

plano profundo (asteriscos). Barra: 100 μ m. F: Faringe; LC: Músculo largo del cuello; V: Cuerpo vertebral.

EJE VISCERAL

Son mucho más evidentes los tabiques intraglandulares que se continúan con la fascia propia que rodea a la glándula tiroides y que forma la cápsula tiroidea (Figura 24A). Estos tabiques de tejido conjuntivo contienen vasos (Figura 24B).

PAQUETE VASCULONERVIOSO DEL CUELLO

Durante la 8ª semana del desarrollo, es evidente la fascia común que envuelve a los elementos vasculonerviosos del cuello, especialmente en el tercio medio del cuello con respecto al tercio inferior (Figuras 26A y 27). El tronco simpático cervical está envuelto por una fascia propia que lo separa del paquete vasculonervioso y es más gruesa que en la semana previa (Figura 26B).

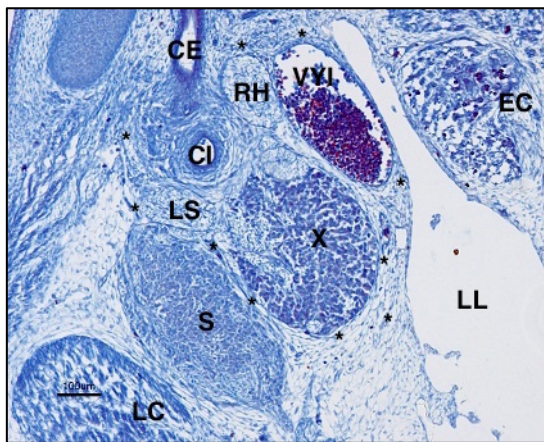


Figura 26A

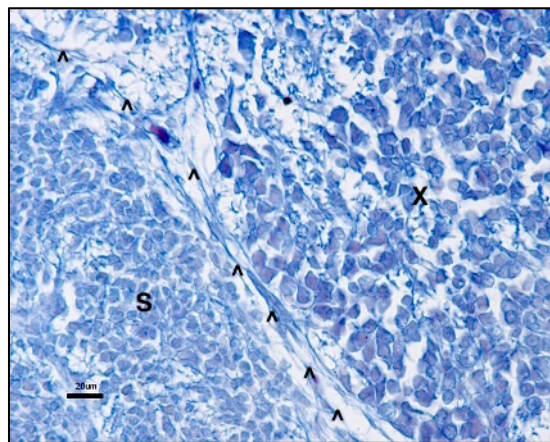


Figura 26B

Figura 26A: Embrión G14 (26,5 mm GL; 8 semanas de desarrollo). Corte transversal. Azocarmín. Corte a nivel de C4-C5 del paquete vasculonervioso del cuello. Se aprecia la fascia común (asteriscos). Barra: 100 μ m. **Figura 26B:** Embrión G14 (26,5 mm GL; 8 semanas de desarrollo). Corte transversal. Azocarmín. Detalle de la figura anterior, con la fascia que separa el paquete vasculonervioso del ganglio simpático cervical (puntas de flecha). Barra: 20 μ m. CE: Arteria carótida externa; CI: Arteria carótida interna; EC: Músculo esternocleidomastoideo; LC: Músculo largo del cuello; LL: Laguna linfática cervical; LS: Nervio laríngeo superior; RH: Ramo descendente del hipogloso; S: Ganglio simpático cervical; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago.

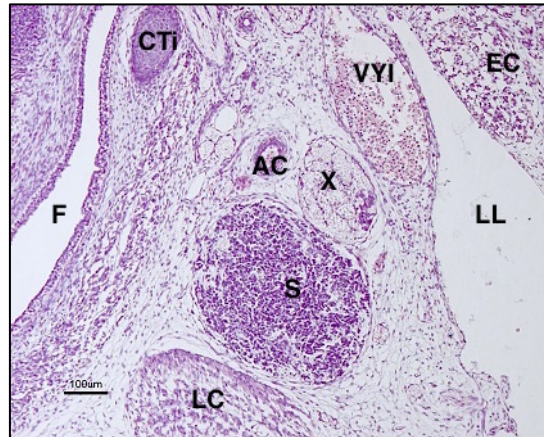


Figura 27

Figura 27: Embrión GI4 (26,5 mm GL; 8 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Corte a nivel de C5-C6. Detalle del paquete vasculonervioso, el eje visceral y el ganglio simpático cervical. Barra: 100 μ m. AC: Arteria carótida común; CTi: Cartílago tiroides; EC: Músculo esternocleidomastoideo; F: Faringe; LC: Músculo largo del cuello; LL: Laguna linfática cervical; S: Ganglio simpático cervical; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago.

5.2. PERÍODO FETAL

5.2.1. 9ª semana de desarrollo (32-40 mm).

PLANO MUSCULAR SUPERFICIAL

En la 9ª semana de desarrollo, la fascia que envuelve al músculo esternocleidomastoideo comienza a formarse en las zonas de contacto con estructuras vecinas, como la laguna linfática cervical o las ramas sensitivas del plexo cervical (Figuras 28A, 28B, 29A y 29B). Es más evidente tanto el perimio como el epimio, así como el tabique fascial que separa ambas porciones del músculo. Se evidencia el platismo superficial a la vena yugular externa (Figura 29A)



Figura 28A

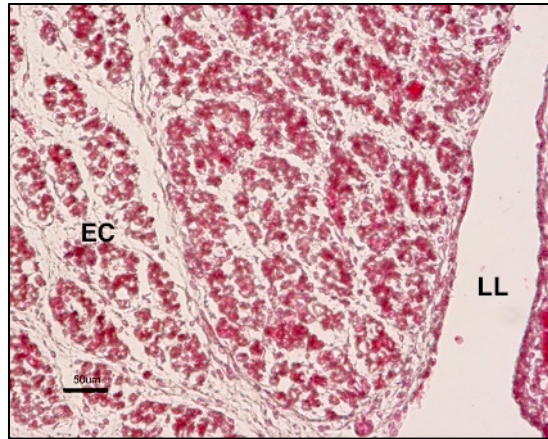


Figura 28B

Figura 28A: Feto BE606 (40 mm GL; 9 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Panorámica a nivel de C5-C6. Barra: 1 mm. **Figura 28B:** Feto BE606 (40 mm GL; 9 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura anterior. Barra: 50 μm. AC: Arteria carótida común; EA: Músculo escaleno anterior; EC: Músculo esternocleidomastoideo; F: Faringe; L: Laringe; LC: Músculo largo del cuello; LK: Músculo largo de la cabeza; LL: Laguna linfática cervical; S: Cadena simpática cervical; V: Cuerpo vertebral; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago; YE: Vena yugular externa.

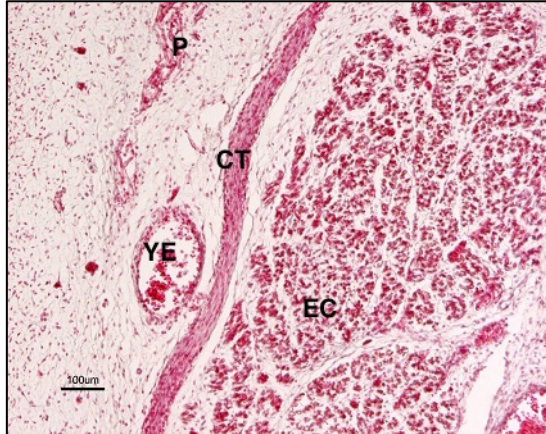


Figura 29A

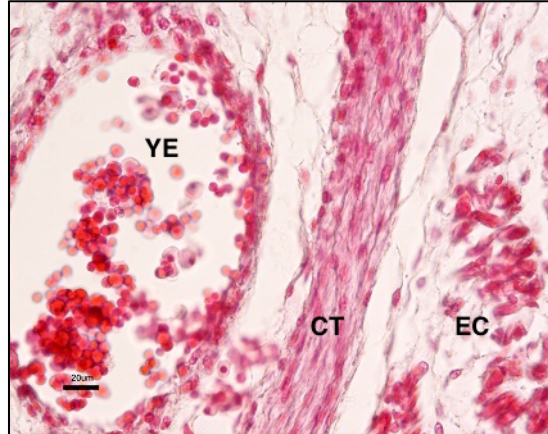


Figura 29B

Figura 29A: Feto BE606 (40 mm GL; 9 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Músculo esternocleidomastoideo con su fascia más reforzada en la parte externa. Barra: 100 μm. **Figura 29B:** Feto BE606 (40 mm GL; 9 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura anterior. Barra: 20 μm. CT: Nervio cervical transverso; EC: Músculo esternocleidomastoideo; P: Platisma; YE: Vena yugular externa.

PLANO MUSCULAR MEDIO

La fascia que envuelve a la musculatura infrahioidea es nítida, especialmente entre los músculos (Figura 30A) y estando más reforzada en la zona de contacto entre el músculo omohioideo y la fascia vasculonerviosa (Figura 30B).

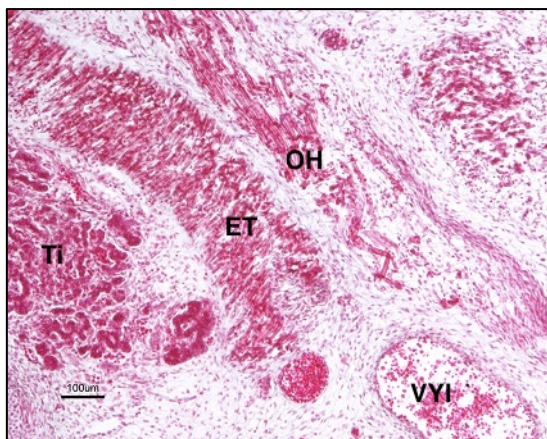


Figura 30A

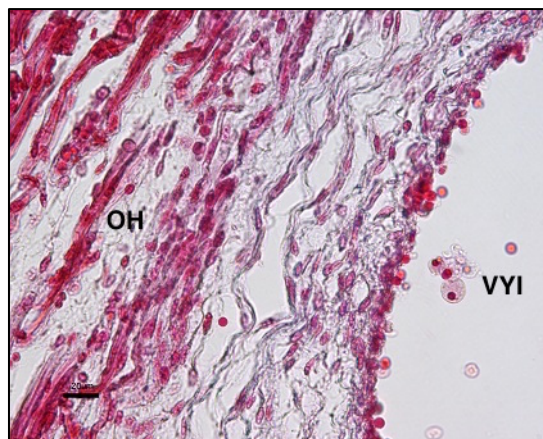


Figura 30B

Figura 30A: Feto BE606 (40 mm GL; 9 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Musculatura infrahioidea. Barra: 100 µm. **Figura 30B:** Feto BE606 (40 mm GL; 9 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle del lado contralateral del músculo omohioideo. Barra: 20 µm. ET: Músculo esternotiroideo; OH: Músculo omohioideo; Ti: Glándula tiroidea; VYI: Vena yugular interna.

PLANO MUSCULAR PROFUNDO

En la 9ª semana de desarrollo, la fascia alar continúa su desarrollo lateralmente alcanzando el paquete vasculonervioso (Figuras 31A y 31B). La fascia profunda que envuelve a los músculos prevertebrales y escalenos es más nítida y aparece claramente definida en el hiato escalénico (Figura 32A). El nervio frénico aparece rodeado por una fina fascia que lo separa del músculo escaleno anterior (Figura 32B).

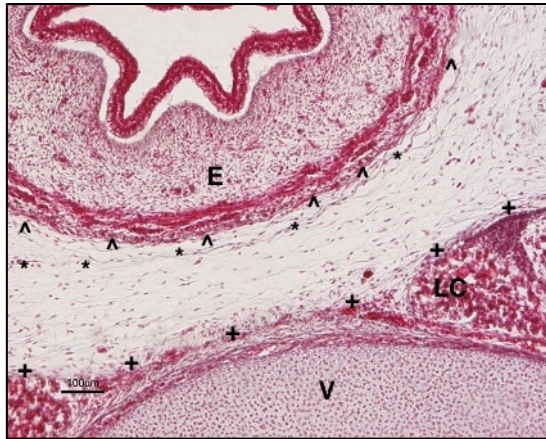


Figura 31A

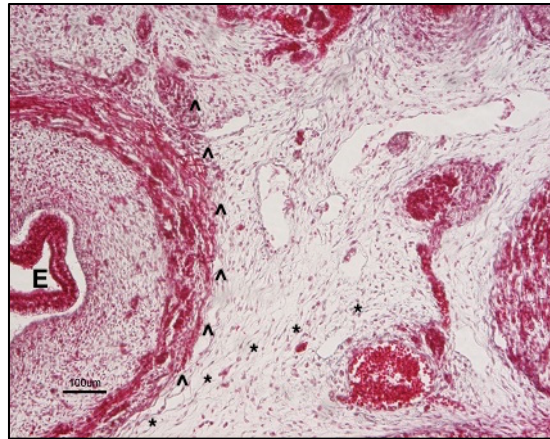


Figura 31B

Figura 31A: Feto BE606 (40 mm GL; 9 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle del espacio retroesofágico en el que se observa la fascia visceral común (puntas de flecha), fascia alar (asteriscos) y fascia del plano profundo (cruces). Barra: 100 µm. **Figura 31B:** Feto BE606 (40 mm GL; 9 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Imagen anterolateral de la figura anterior. Distribución de la fascia alar (asteriscos). Barra: 100 µm. Puntas de flecha: Fascia visceral común; E: Esófago; LC: Músculo largo del cuello; V: Cuerpo vertebral.

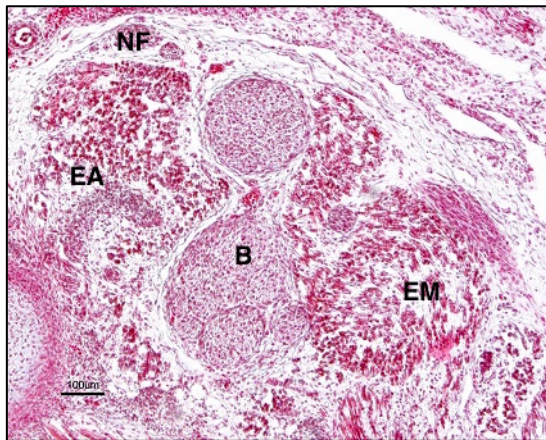


Figura 32A

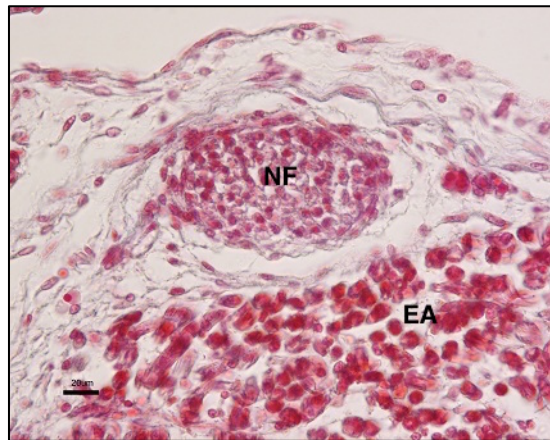


Figura 32B

Figura 32A: Feto BE606 (40 mm GL; 9 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Musculatura escalénica. Barra: 100 µm. **Figura 32B:** Feto BE606 (40 mm GL; 9 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura anterior. Barra: 20 µm. B: Ramas del plexo braquial; EA: Músculo escaleno anterior; EM: Músculo escaleno medio; NF: Nervio frénico.

EJE VISCERAL

En la parte anterior, la fascia visceral común está bien constituida separando a la glándula tiroides de la musculatura infrahioidea (Figura 30A). En la parte posterior, la fascia visceral común también está bien constituida y separada de la fascia alar (Figura 31A). Sin embargo, en la porción lateral, aún no está bien constituida (Figura 31B).

PAQUETE VASCULONERVIOSO DEL CUELLO

En la 9ª semana de desarrollo, se observa que una fascia común separa las estructuras vasculonerviosas de la fascia visceral y del músculo omohioideo. Entre la vena yugular interna, nervio vago y arteria carótida común, no aparecen los espacios que existían entre ellos, estando rellenos por tejido conjuntivo laxo (Figura 33) y siendo este más grueso en la arteria que en la vena o el nervio.



Figura 33

Figura 33: Feto BE606 (40 mm GL; 9 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle del paquete vasculonervioso del cuello con su fascia común (puntas de flecha). Barra: 100 μm. AC: Arteria carótida común; LL: Laguna linfática cervical; OH: Músculo omohioideo; X: Nervio vago; VYI: Vena yugular interna.

5.2.2. 10ª semana de desarrollo (41-51 mm).

PLANO MUSCULAR SUPERFICIAL

La fascia del músculo esternocleidomastoideo se encuentra más reforzada en su cara externa (Figura 34C) y se continúa hacia el músculo trapecio con una fascia más delgada que alcanza a este músculo, cubriendo el espacio supraclavicular o triangular posterior del cuello (Figuras 34A y 34B). En la parte superior, hay evidentes conexiones entre la fascia del músculo esternocleidomastoideo y la fascia vasculonerviosa a nivel de la vena yugular interna (Figura 35). El músculo trapecio está envuelto por la fascia que, al igual que en el caso anterior, está más reforzada en la parte externa, siendo más evidente el perimio de disposición oblicua que se continúa con la fascia que envuelve al músculo (Figura 34D).

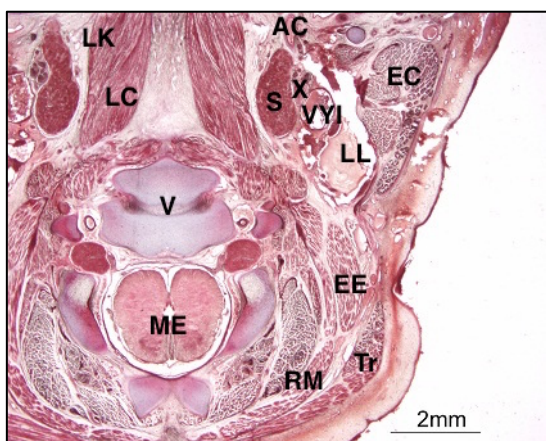


Figura 34A

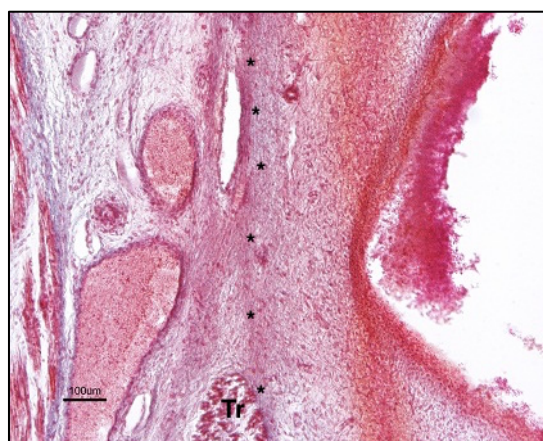


Figura 34B

Figura 34A: Feto BE503 (48 mm GL; 10 semanas de desarrollo). Corte frontal. Hematoxilina-eosina. Panorámica del cuello. Barra: 2 mm. **Figura 34B:** Feto BE503 (48 mm GL; 10 semanas de desarrollo). Corte frontal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura anterior a nivel del espacio supraclavicular o triangular posterior del cuello para poner de manifiesto la presencia de la fascia del plano superficial (asteriscos). Barra: 100 µm. AC: Arteria carótida común; EC: Músculo esternocleidomastoideo; EE: Músculo elevador de la escápula; LC: Músculo largo del cuello; LK: Músculo largo de la cabeza; LL: Laguna linfática cervical; ME: Médula espinal; RM: Músculo Romboides menor; S: Ganglio simpático cervical; Tr: Músculo trapecio; V: Cuerpo vertebral; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago.

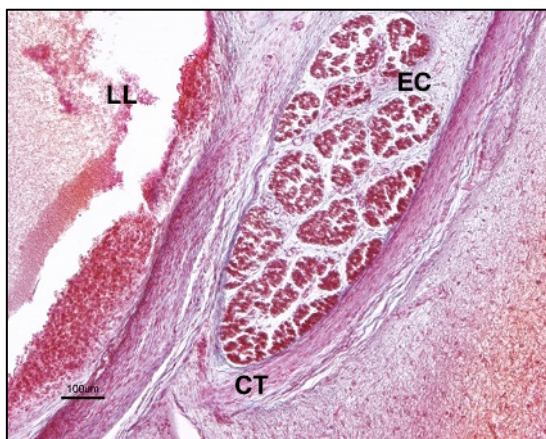


Figura 34C

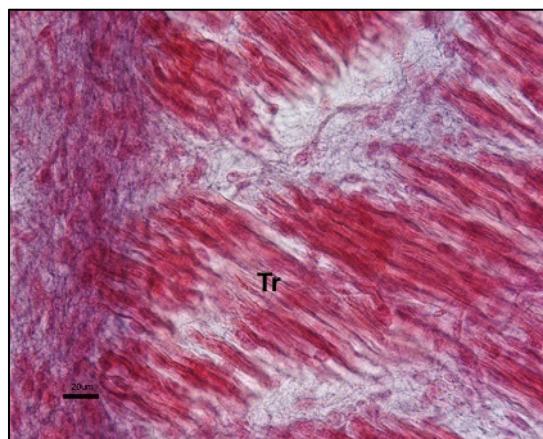


Figura 34D

Figura 34C: Feto BE503 (48 mm GL; 10 semanas de desarrollo). Corte frontal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura 34A. Barra: 100 μm. **Figura 34D:** Feto BE503 (48 mm GL; 10 semanas de desarrollo). Corte frontal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura 34A del músculo trapecio. Barra: 20 μm. CT: Nervio cervical transverso; EC: Músculo esternocleidomastoideo; LL: Laguna linfática cervical; Tr: Músculo trapecio.



Figura 35

Figura 35: Feto BE503 (48 mm GL; 10 semanas de desarrollo). Corte frontal. Hematoxilina-eosina. Músculo esternocleidomastoideo con su relación con el paquete vasculonervioso a nivel de la vena yugular interna. Barra: 200 μm. AC: Arteria carótida común; EC: Músculo esternocleidomastoideo; VVI: Vena yugular interna; X: Nervio vago.

PLANO MUSCULAR MEDIO

En la 10^a semana de desarrollo, el músculo omohioideo está envuelto por una fascia más gruesa en su parte interna. A nivel de su tendón intermedio, el músculo cruza el paquete vasculonervioso del cuello envuelto por la fascia vasculonerviosa (Figura 36A). La fascia del músculo omohioideo se adhiere a la fascia vasculonerviosa a nivel de la vena yugular interna (Figura 36B). El resto de los músculos infrahioideos, están envueltos por una fascia (más delgada que la del músculo omohioideo) que los separa de la glándula tiroides (Figuras 37A y 37B).

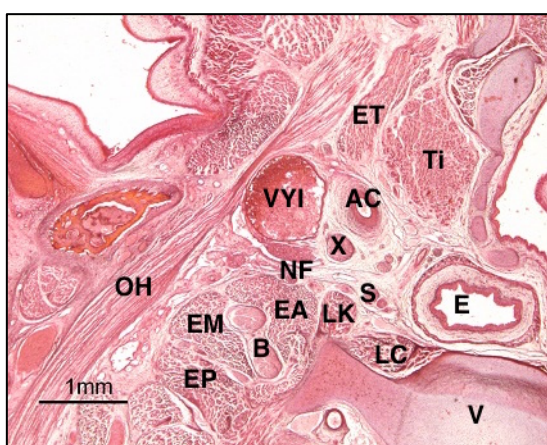


Figura 36A

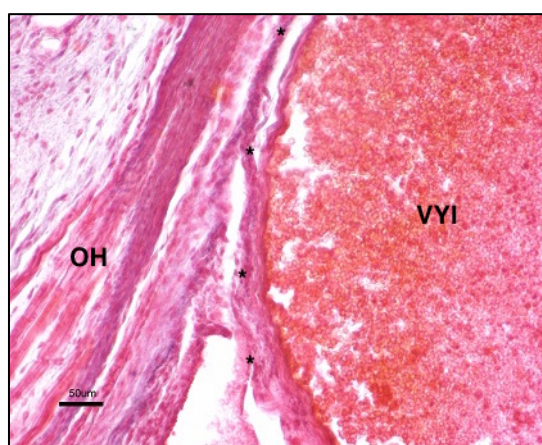


Figura 36B

Figura 36A: Feto BE503 (48 mm GL; 10 semanas de desarrollo). Corte frontal. Hematoxilina-eosina. Panorámica del plano muscular medio, plano muscular profundo y paquete vasculonervioso. Barra: 1 mm. **Figura 36B:** Feto BE503 (48 mm GL; 10 semanas de desarrollo). Corte frontal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura anterior, se demuestra la relación de la fascia del músculo omohioideo con la fascia vasculonerviosa (asteriscos) a nivel de la vena yugular interna. Barra: 50 µm. AC: Arteria carótida común; B: Ramas del plexo braquial; E: Esófago; EA: Músculo escaleno anterior; EM: Músculo escaleno medio; EP: Músculo escaleno posterior; ET: Músculo esternotiroideo; LC: Músculo largo del cuello; LK: Músculo largo de la cabeza; NF: Nervio frénico; OH: Músculo omohioideo; S: Cadena simpática cervical; Ti: Glándula tiroides; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago.

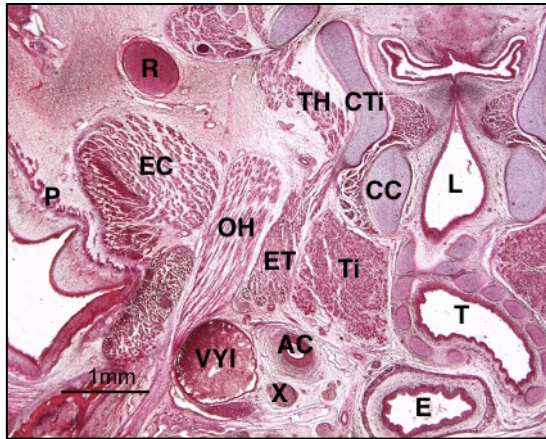


Figura 37A

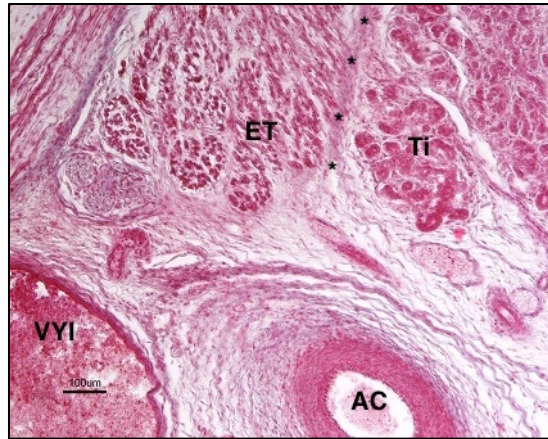


Figura 37B

Figura 37A: Feto BE503 (48 mm GL; 10 semanas de desarrollo). Corte frontal. Hematoxilina-eosina. Panorámica del plano muscular medio, el eje visceral y el paquete vasculonervioso. Barra: 1 mm.

Figura 37B: Feto BE503 (48 mm GL; 10 semanas de desarrollo). Corte frontal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura anterior. Músculo esternotiroideo separado de la glándula tiroides por una fascia (asteriscos). Barra: 100 µm. AC: Arteria carótida común; CC: Cartílago cricoides; CTi: Cartílago tiroides; E: Esófago; EC: Músculo esternocleidomastoideo; ET: Músculo esternotiroideo; L: Laringe; OH: Músculo omohioideo; P: Platisma; R: Cartílago de Reichert; TH: Músculo tirohioideo; Ti: Glándula tiroides; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago.

PLANO MUSCULAR PROFUNDO

La fascia del plano muscular profundo es muy evidente envolviendo a la musculatura prevertebral. La cadena simpática cervical tiene una envoltura propia e independiente de la fascia del plano profundo (Figura 39), con la que mantiene adherencias al igual que con la fascia vasculonerviosa. Entre la fascia visceral y la fascia del plano profundo se observa la fascia alar, que se extiende lateralmente al ángulo diedro formado la fascia vasculonerviosa y la visceral (Figuras 38A y 38B). La presencia de la fascia alar delimita el espacio retrofaríngeo y lo separa de la zona prevertebral.

En la región escalénica, el nervio frénico está envuelto por una fina lámina conjuntiva que lo separa de la que envuelve al músculo escaleno anterior y a la arteria y vena supraescapulares (Figuras 40A y 40B).

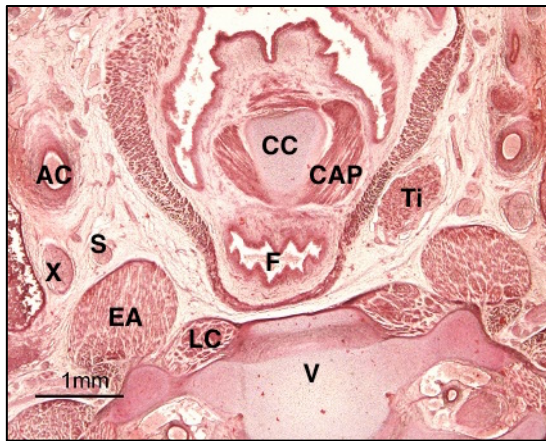


Figura 38A

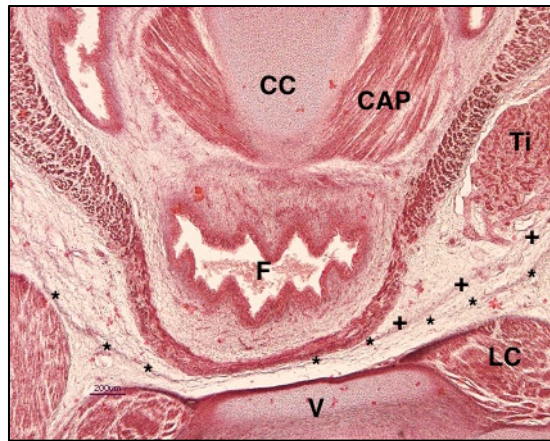


Figura 38B

Figura 38A: Feto BE503 (48 mm GL; 10 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Panorámica del plano muscular profundo y eje visceral. Barra: 1 mm. **Figura 38B:** Feto BE503 (48 mm GL; 10 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura anterior, se muestra el espacio retrofaríngeo y las relaciones de la fascia visceral (cruces) con la fascia alar (asteriscos). Barra: 200 µm. AC: Arteria carótida común; CAP: Músculo cricoaritenoides posterior; CC: Cartílago cricoides; EA: Músculo escaleno anterior; F: Faringe; LC: Músculo largo del cuello; S: Cadena simpática cervical; Ti: Glándula tiroides; V: Cuerpo vertebral; X: Nervio vago.



Figura 39

Figura 39: Feto BE503 (48 mm GL; 10 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle de distribución de la fascia alar (asteriscos) y su relación con la fascia visceral (cruces). Barra: 200 µm. AC: Arteria carótida común; E: Esófago; EA: Músculo escaleno anterior; LC: Músculo largo del cuello; S: Cadena simpática cervical; Ti: Glándula tiroides; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago.

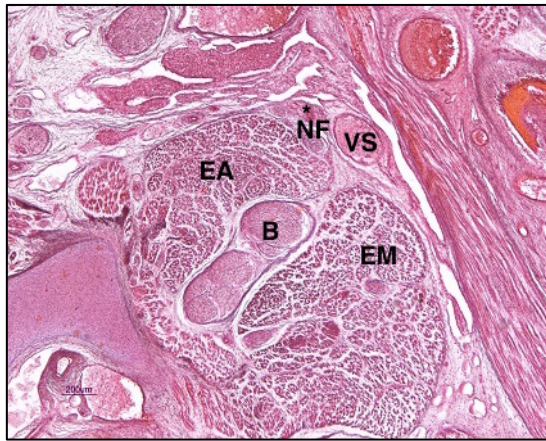


Figura 40A



Figura 40B

Figura 40A: Feto BE503 (48 mm GL; 10 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Musculatura escalénica e hiato escalénico. Barra: 200 µm. **Figura 40B:** Feto BE503 (48 mm GL; 10 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura anterior. Barra: 20 µm. Asterisco: Arteria supraescapular; B: Ramas del plexo braquial; EA: Músculo escaleno anterior; EM: Músculo escaleno medio; NF: Nervio frénico; VS: Vena supraescapular.

EJE VISCERAL

En la 10ª semana de desarrollo, se observa que la fascia visceral común es completa y envuelve a todas las estructuras del eje visceral, incluido el nervio laríngeo recurrente (Figura 41). Esta fascia es más gruesa en la parte posterior y anterior que en la parte lateral (Figura 38A).

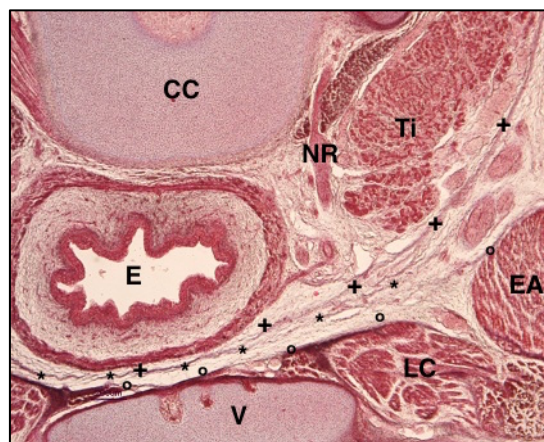


Figura 41

Figura 41: Feto BE503 (48 mm GL; 10 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Parte posterior del eje visceral del cuello, en el que se puede observar las relaciones de la fascia visceral (cruces), fascia alar (asteriscos) y fascia del plano profundo (círculos). Barra: 200 μ m. CC: Cartílago cricoides; EA: Músculo escaleno anterior; E: Esófago; LC: Músculo largo del cuello; NR: Nervio recurrente laríngeo; Ti: Glándula tiroides; V: Cuerpo vertebral.

PAQUETE VASCULONERVIOSO DEL CUELLO

La fascia vasculonerviosa es muy evidente desde la base del cráneo, separando las estructuras vasculonerviosas de la musculatura prevertebral (Figura 42A). La arteria carótida común, nervio vago y vena yugular interna están envueltos por una fascia propia (siendo más gruesa la de la carótida común) y entre cada una de ellos existen puentes fasciales de unión (Figura 42B). Existe una gruesa fascia común que envuelve a todas ellas (Figura 36A). El ganglio simpático cervical presenta una fascia propia que se relaciona con el paquete vasculonervioso (Figura 42B)

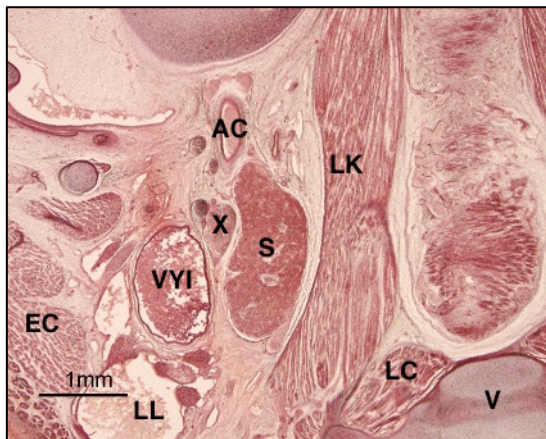


Figura 42A

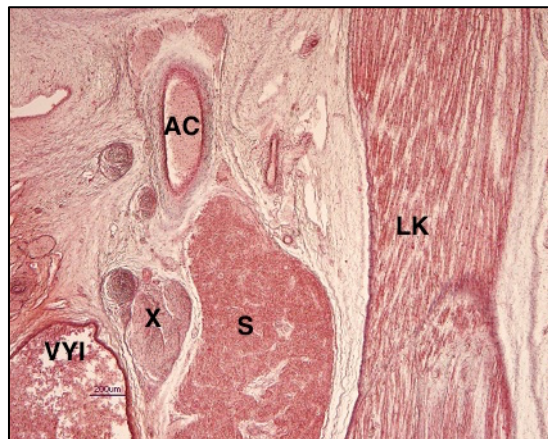


Figura 42B

Figura 42A: Feto BE503 (48 mm GL; 10 semanas de desarrollo). Corte frontal. Hematoxilina-eosina. Paquete vasculonervioso del cuello cercano a la base del cráneo. Barra: 1 mm. **Figura 42B:** Feto BE503 (48 mm GL; 10 semanas de desarrollo). Corte frontal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura anterior. Barra: 200 μ m. AC: Arteria carótida común; EC: Músculo esternocleidomastoideo; LC: Músculo largo del cuello; LK: Músculo largo de la cabeza; LL: Laguna linfática cervical; S: Ganglio simpático cervical; V: Cuerpo vertebral; VVI: Vena yugular interna; X: Nervio vago.

5.2.3. 11ª semana de desarrollo (51-65 mm).

PLANO MUSCULAR SUPERFICIAL

El músculo esternocleidomastoideo está envuelto por una nítida fascia, que en la cara interna continúa en contacto con el sistema linfático (Figura 43). Entre el vientre clavicular y el vientre esternal se dispone el perimio, mucho más grueso, que vehiculiza estructuras vasculonerviosas (Figura 45B). La cara superficial del músculo esternocleidomastoideo, está cubierta por el platismo (Figura 45A).

El músculo trapecio está envuelto por una fascia más gruesa en su parte externa. La fascia mantiene conexiones fibrosas oblicuas con la dermis (Figura 44).



Figura 43

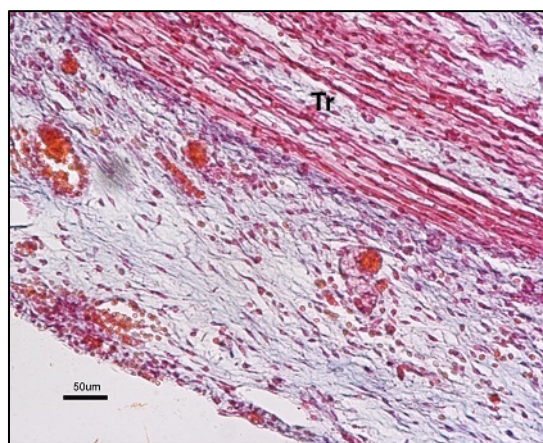


Figura 44

Figura 43. Feto B52 (57 mm GL; 11 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Músculo esternocleidomastoideo en relación con la laguna linfática del cuello y el paquete vasculonervioso. Barra: 200 µm. **Figura 44.** Feto Fe21 (57 mm GL; 11 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la fascia que rodea al trapecio. Barra: 50 µm. AC: Arteria carótida común; EC: Músculo esternocleidomastoideo; LL: Laguna linfática del cuello; S: Ganglio simpático cervical; Tr: Músculo trapecio; VVI: Vena yugular interna; X: Nervio vago.



Figura 45A

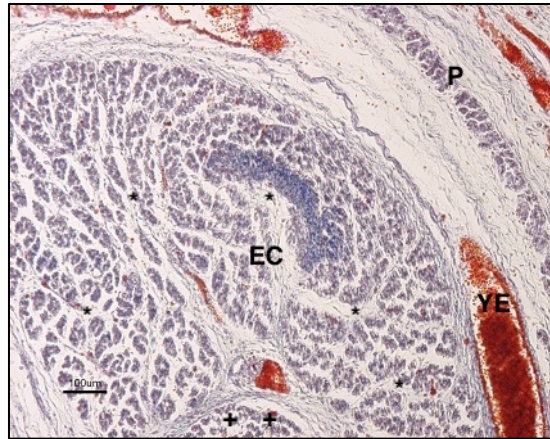


Figura 45B

Figura 45A. Feto B52 (57 mm GL; 11 semanas de desarrollo). Corte transversal. Azocarmín. Músculo esternocleidomastoideo. Barra: 200 µm. **Figura 45B.** Feto B52 (57 mm GL; 11 semanas de desarrollo). Corte transversal. Azocarmín. Detalle de la figura anterior. Barra: 100 µm. Asterisco: Porción esternal del esternocleidomastoideo; Cruces: Porción clavicular del esternocleidomastoideo; EC: Músculo esternocleidomastoideo; EH: Músculo esternohioideo; ET: Músculo esternotiroides; OH: Músculo omohioideo; P: Platisma; Ti: Glándula tiroidea; YE: Vena yugular externa.

PLANO MUSCULAR MEDIO

La musculatura infrahioidea está envuelta por una nítida fascia más gruesa que la propia de cada músculo, existiendo conexiones entre las fascias que envuelven a los músculos esternotiroides y esternohioideo (Figura 53). La fascia del músculo esternotiroides separa el plano muscular de la glándula tiroidea envuelta por la fascia visceral común (Figura 46).

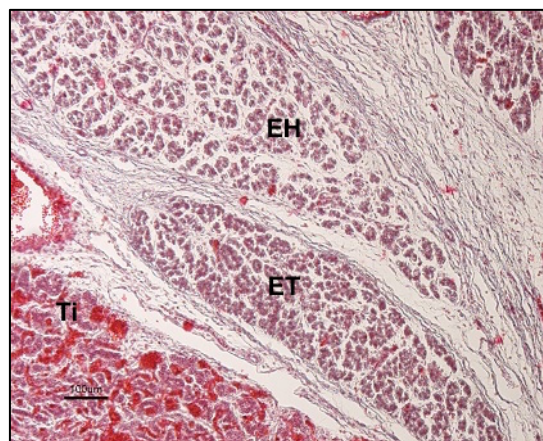


Figura 46

Figura 46. Feto B52 (57 mm GL; 11 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Fascias del compartimento medio. Barra: 100 μ m. EH: Músculo esternohioideo; ET: Músculo esternotiroideo; Ti: Glándula tiroides.

PLANO MUSCULAR PROFUNDO

El espacio retrofaríngeo presenta un tejido con algunas células mesenquimales con escasas fibras en la región nasofaríngea (Figura 48). En la región de la oro- y laringofaringe (Figuras 49A, 49B, 50A y 50B), aparece una nítida fascia alar dispuesta hacia los lados finalizando en el tejido areolar dispuesto entre la fascia visceral y la fascia vasculonerviosa (Figura 47). Entre la fascia alar y la fascia visceral hay un pequeño espacio (Figura 49B). Entre la fascia alar y la del plano profundo, existe tejido conjuntivo laxo (Figura 50B).

A la altura de la bifurcación traqueal, a nivel de T4, el espacio retroesofágico contiene tejido conjuntivo laxo (Figuras 51A y 51B).

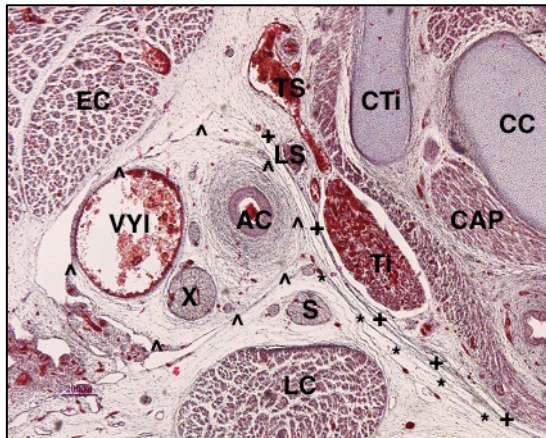


Figura 47

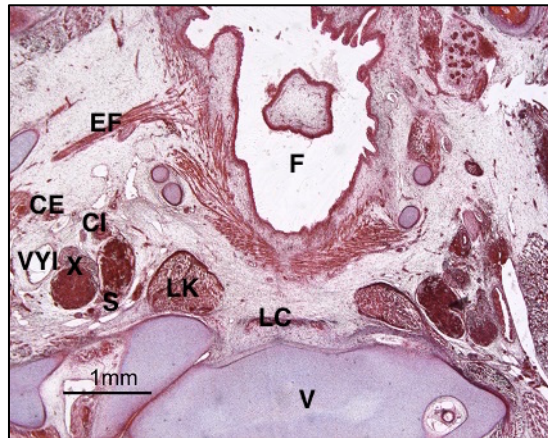


Figura 48

Figura 47. Feto B52 (57 mm GL; 11 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la fascia alar (asteriscos) en relación con la fascia visceral (cruces) y la fascia vasculonerviosa (puntas de flecha). Barra: 200 μ m. **Figura 48.** Feto Fe21 (57 mm GL; 11 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hemaxolina-eosina. Panorámica del eje visceral, paquete vasculonervioso y musculatura prevertebral a nivel de la nasofaringe. Barra: 1 mm. AC: Arteria carótida común; CAP: Músculo cricoaritenoides posterior; CC: Cartílago cricoides; CE: Arteria carótida externa; CI: Arteria carótida interna; CTi: Cartílago tiroides; EC: Músculo esternocleidomastoideo; EF: Músculo estilofaríngeo; F: Faringe; LC: Músculo largo del cuello; LK: Músculo largo

de la cabeza; LS: Nervio laríngeo superior; S: Cadena simpática cervical; Ti: Glándula tiroides; TS: Pedículo tiroideo superior; V: Cuerpo vertebral; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago.

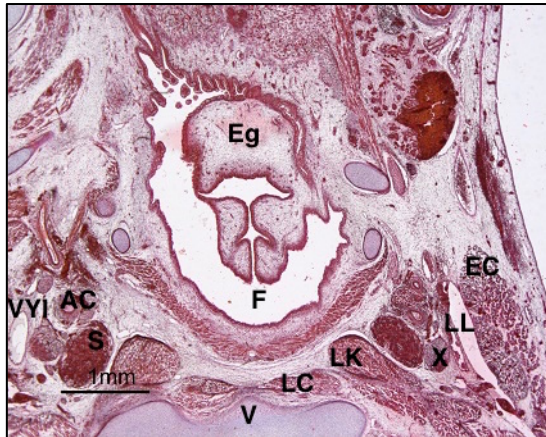


Figura 49A

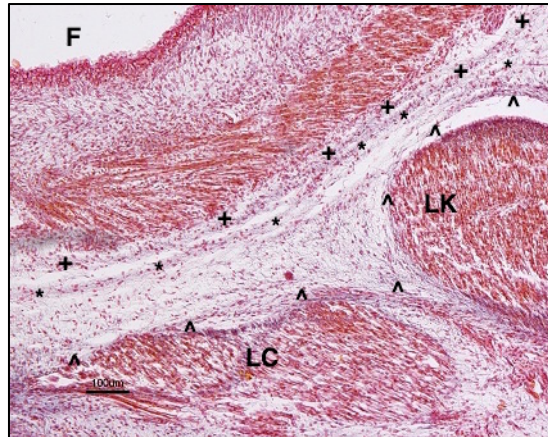


Figura 49B

Figura 49A. Feto Fe21 (57 mm GL; 11 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hemaxolina-eosina. Corte panorámico a nivel de la orofaringe. Barra: 1 mm. **Figura 49B.** Feto Fe21 (57 mm GL; 11 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hemaxolina-eosina. Detalle de la figura anterior, donde se observa el espacio retrofaríngeo con la fascia visceral (cruces), la fascia del plano profundo (puntas de flecha) y la fascia alar (asteriscos). Barra: 100 µm. AC: Arteria carótida común; EC: Músculo esternocleidomastoideo; Eg: Epiglotis; F: Faringe; LC: Músculo largo del cuello; LK: Músculo largo de la cabeza; LL: Laguna linfática cervical; S: Ganglio simpático cervical; V: Cuerpo vertebral; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago.

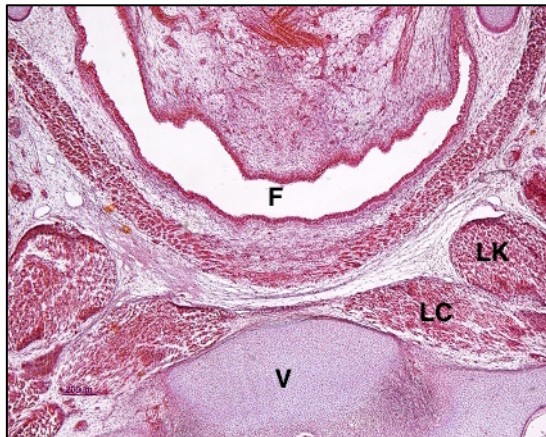


Figura 50A



Figura 50B

Figura 50A. Feto Fe21 (57 mm GL; 11 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hemaxolina-eosina. Corte panorámico a nivel de la laringofaringe. Barra: 200 µm. **Figura 50B.** Feto Fe21 (57 mm GL; 11 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hemaxolina-eosina. Detalle de la figura anterior, donde se observa el espacio retrofaríngeo en la laringofaringe con la fascia visceral (cruces), la fascia del plano profundo (puntas de flecha) y la fascia alar (asteriscos). Barra: 100 µm. F: Faringe; LC: Músculo largo del cuello; LK: Músculo largo de la cabeza; V: Cuerpo vertebral.

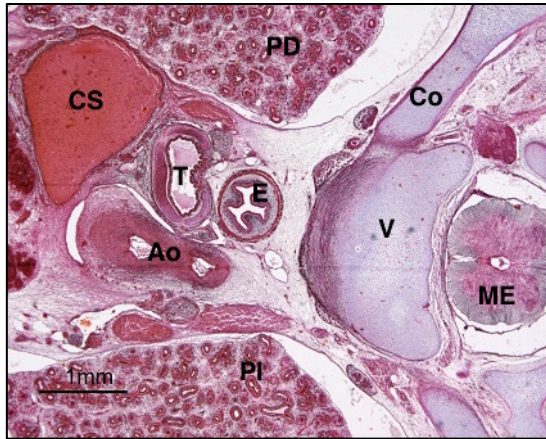


Figura 51A

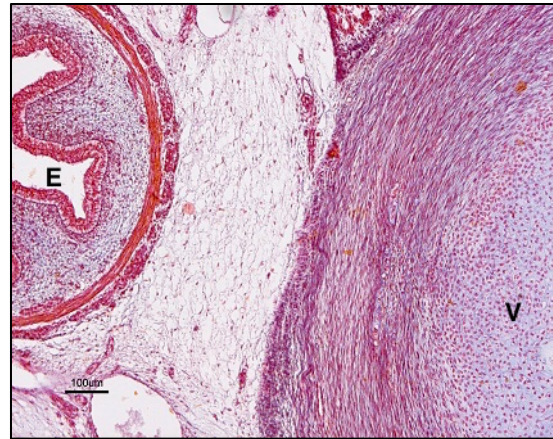


Figura 51B

Figura 51A. Feto Fe21 (57 mm GL; 11 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hemaxolina-eosina. Corte panorámico del tórax a nivel de T4. Barra: 1 mm. **Figura 51B.** Feto Fe21 (57 mm GL; 11 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hemaxolina-eosina. Detalle de la figura anterior. Barra: 100 µm. Ao: Arteria aorta; Co: Costilla; CS: Vena cava superior; E: Esófago; ME: Médula espinal; PD: Pulmón derecho; PI: Pulmón izquierdo; T: Tráquea; V: Cuerpo vertebral.

EJE VISCERAL

La fascia visceral común está bien constituida (Figuras 52 y 53), quedando el nervio laríngeo recurrente incluido en el eje visceral (Figura 52).

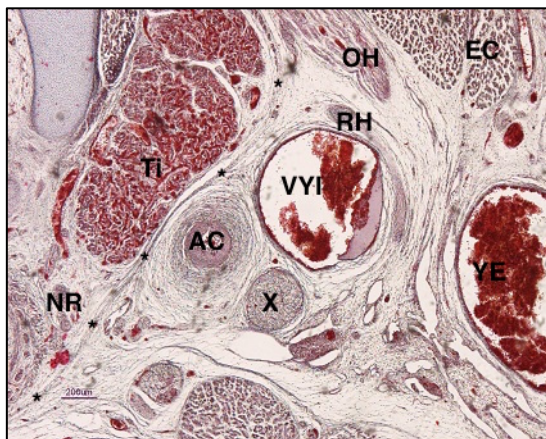


Figura 52

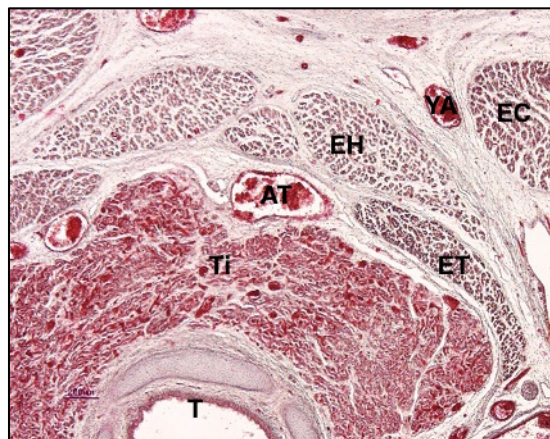


Figura 53

Figura 52. Feto B52 (57 mm GL; 11 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Fascia visceral (asteriscos) y paquete vasculonervioso. Barra: 200 µm. **Figura 53.** Feto B52 (57 mm GL; 11 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Istmo de la glándula tiroides rodeada por la fascia visceral. Barra: 200 µm. AC: Arteria carótida común; AT: Arteria

tiroidea inferior; EC: Músculo esternocleidomastoideo; EH: Músculo esternohioideo; ET: Músculo esternotiroideo; NR: Nervio laríngeo recurrente; OH: Músculo omohioideo; RH: Ramo descendente del hipogloso; Ti: Glándula tiroidea; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago; YE: Vena yugular externa; T: Tráquea; YA: Vena yugular anterior.

PAQUETE VASCULONERVIOSO DEL CUELLO

Cada estructura que compone el paquete vasculonervioso del cuello está rodeada por una fascia propia que emite tabiques fasciales entre ellas, con escasa celularidad (Figura 54A). Se distingue una nítida fascia común que rodea a todas las estructuras. Entre dicha fascia y la fascia que envuelve al tendón intermedio del músculo omohioideo se disponen unos tabiques conjuntivos fasciales (Figura 54B).

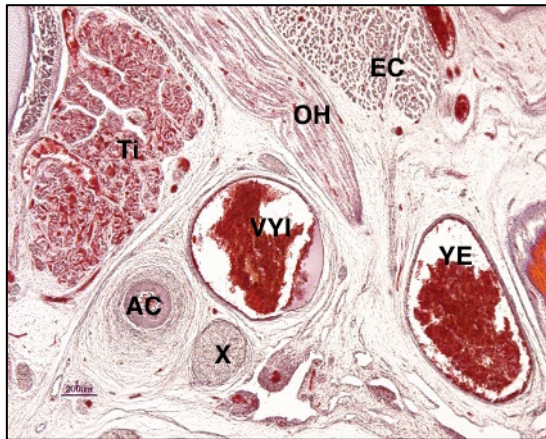


Figura 54A

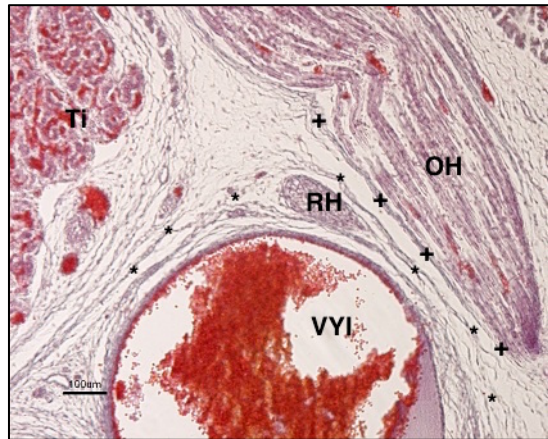


Figura 54B

Figura 54A. Feto B52 (57 mm GL; 11 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle del paquete vasculonervioso del cuello. Barra: 200 μ m. **Figura 54B.** Feto B52 (57 mm GL; 11 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura anterior, en la que se observa la fascia del tendón del músculo omohioideo (cruces) en relación con la fascia vasculonerviosa (asteriscos). Barra: 100 μ m. AC: Arteria carótida; EC: Músculo esternocleidomastoideo; OH: Músculo omohioideo; RH: Ramo descendente del hipogloso; Ti: Glándula tiroidea; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago; YE: Vena yugular externa.

5.2.4. 12ª semana de desarrollo (65-80 mm).

PLANO MUSCULAR SUPERFICIAL

No aparecen cambios significativos en este plano en esta semana.

PLANO MUSCULAR MEDIO

Es más evidente la expansión fascial desde el músculo omohioideo al músculo esternohioideo (Figura 55), quedando constituida la fascia del compartimento medio.



Figura 55

Figura 55. Feto Pu1 (77 mm GL; 12 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Se observa la fascia cervical del plano medio (asteriscos) como una expansión entre el músculo omohioideo y esternohioideo, Barra: 200 μ m. AC: Arteria carótida común; EC: Músculo esternocleidomastoideo; EH: Músculo esternohioideo; ET: Músculo esternotiroideo; OH: Músculo omohioideo; T: Tráquea; Ti: Glándula tiroides; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago.

PLANO MUSCULAR PROFUNDO

La cadena simpática cervical (Figura 56), a diferencia del ganglio (Figura 57), queda en relación con la fascia que rodea a los músculos prevertebrales.

La fascia alar presenta una disposición a ambos lados finalizando en el tejido areolar que queda en el espacio entre las fascias visceral, vasculonerviosa y

la del plano profundo (Figura 56). Tanto el espacio que queda entre la fascia visceral y la fascia alar, como el espacio entre la fascia alar y la del plano profundo, contiene tejido conjuntivo laxo más diferenciado, especialmente en la región cervical inferior (Figuras 58A y 58B).

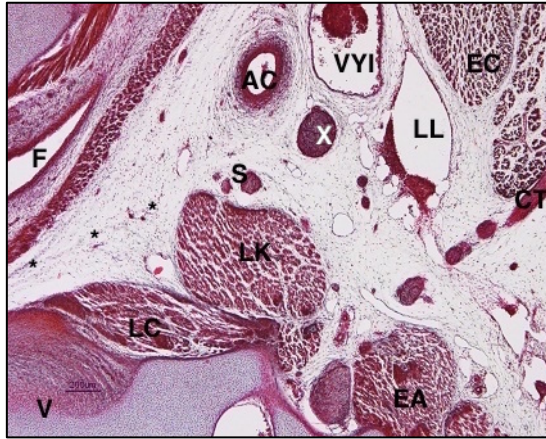


Figura 56

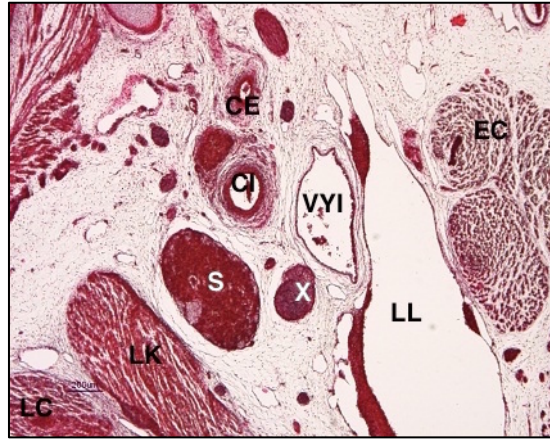


Figura 57

Figura 56. Feto Pu1 (77 mm GL; 12 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Se observa la fascia visceral, la fascia alar (asteriscos) y la fascia del compartimento muscular profundo. Barra: 200 μ m. **Figura 57.** Feto Pu1 (77 mm GL; 12 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Paquete vasculonervioso del cuello. Barra: 200 μ m. AC: Arteria carótida común; CE: Arteria carótida externa; CI: Arteria carótida interna; CT: Nervio cervical transvers; EA: Músculo escaleno anterior; EC: Músculo esternocleidomastoideo; LC: Músculo largo del cuello; F: Faringe; LK: Músculo largo de la cabeza; LL: Laguna linfática del cuello; S: Ganglio simpático cervical; V: Cuerpo vertebral; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago.

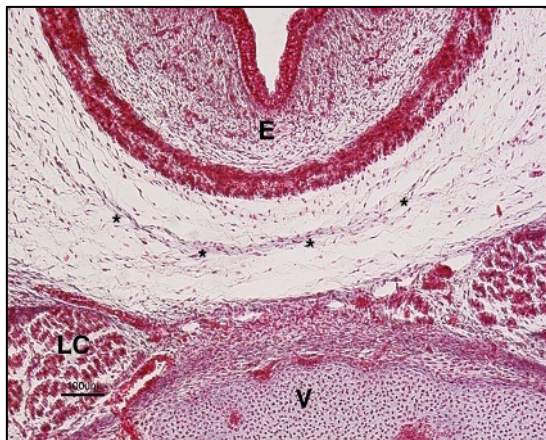


Figura 58A

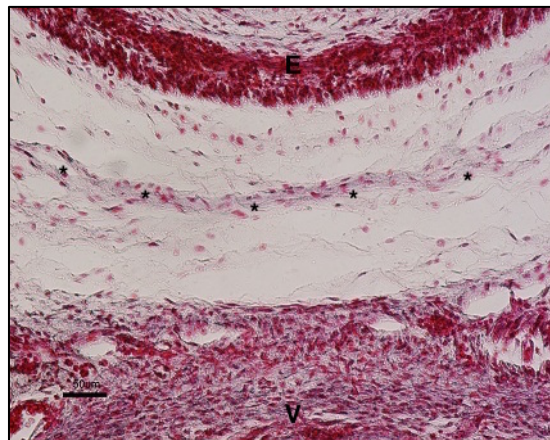


Figura 58B

Figura 58A. Feto Pu1 77 mm GL (12 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle del espacio retroesofágico, en el que se observa la fascia alar (asteriscos). Barra: 100

µm. **Figura 58B.** Feto Pu1 77 mm GL (12 semanas de desarrollo). Corte transversal. Hematoxilina-eosina. Detalle de la figura anterior, se observa a la fascia alar (asteriscos) dividiendo el espacio retroesofágico en dos partes. Barra: 50 µm. E: Esófago; LC: Músculo largo del cuello; V: Cuerpo vertebral.

EJE VISCERAL

No se observan cambios significativos en esta semana de desarrollo.

PAQUETE VASCULONERVIOSO DEL CUELLO

A nivel del espacio retroestíleo el ganglio cervical superior del simpático queda incluido en la fascia vasculonerviosa común que engloba a su fascia propia (Figura 57). No se observan otros cambios significativos en esta semana de desarrollo.

5.3. ESPECÍMENES ADULTOS

PLANO MUSCULAR SUPERFICIAL

El plano muscular superficial del cuello está cubierto por el tejido celular subcutáneo y el platisma, que constituye el elemento muscular de la denominada fascia subcutánea (Figuras 62 y 63). En la región lateral del cuello, el plano muscular superficial está constituido por el músculo esternocleidomastoideo envuelto por su fascia. Esta se extiende dorsalmente cubriendo el espacio supraclavicular o triángulo posterior del cuello hasta alcanzar el músculo trapecio (Figura 66).

El músculo esternocleidomastoideo, a través de su fascia, se relaciona con la vena yugular externa (Figura 64). La fascia que cubre al músculo esternocleidomastoideo en el borde anterior, contribuye a formar la línea alba del cuello (Figura 69). En una sección transversal del músculo esternocleidomastoideo, se observan las dos porciones musculares bien constituidas y separadas por la

fascia (Figura 67). La fascia que recubre la cara interna del músculo esternocleidomastoideo, por encima del músculo omohioideo, se adhiere a la parte lateral de la fascia vasculonerviosa a nivel de la vena yugular interna (Figuras 67 y 68).

PLANO MUSCULAR MEDIO

El plano muscular medio del cuello se extiende entre ambos músculos omohioideos, estando la musculatura infrahioidea cubierta por su fascia, claramente distinguible en la zona entre los músculos omohioideo y músculo esternohioideo (Figuras 65 y 72). Las secciones nos muestran las adherencias que presenta la fascia que envuelve al músculo omohioideo con la fascia vasculonerviosa del cuello (Figuras 71 y 72).

La cara profunda de la fascia del plano medio del cuello se adhiere a la fascia visceral a nivel de la glándula tiroides y de la tráquea (Figura 72). Anteriormente, entre la musculatura infrahioidea, la fascia contribuye a formar la línea alba del cuello (Figura 69).

PLANO MUSCULAR PROFUNDO

La musculatura prevertebral y escalénica está recubierta por la fascia del plano profundo (Figura 71). El espacio retrovisceral está dividido por la fascia alar que se extiende desde C1 hasta C7 (Figura 73). Las secciones transversales permiten distinguir que esta fascia alar se extiende desde el tejido areolar dispuesto entre el paquete vasculonervioso y el eje visceral del cuello de un lado a otro (Figura 69). La fascia alar presenta conexiones o adherencias con la fascia visceral y la fascia del plano profundo (Figuras 70 y 71).

La cadena simpática cervical está envuelta por una fascia propia que le separa tanto de la musculatura prevertebral envuelta por su fascia como del paquete vasculonervioso del cuello (Figuras 70 y 71).

EJE VISCERAL

El eje visceral del cuello está constituido por la faringe, la laringe, la tráquea, el esófago, la glándula tiroides y las glándulas paratiroides. Las secciones nos muestran que cada una de estas estructuras presentan una fascia propia que la separa de la víscera con la que se relaciona (Figuras 69 y 72). No obstante, todo el eje visceral del cuello está rodeado por una fascia común a través de la cual se relaciona con la fascia vasculonerviosa, la fascia alar, así como con el espacio que le separa de esta última (Figuras 69, 70 y 73).

PAQUETE VASCULONERVIOSO DEL CUELLO

El paquete vasculonervioso del cuello está constituido por la vena yugular interna, la arteria carótida común y el nervio vago. Dependiendo de la altura, se relaciona con el nervio glosofaríngeo, el nervio espinal, el nervio hipogloso y el ramo descendente del nervio hipogloso (asa cervical).

Estas estructuras están separadas por una fascia propia. A través de una fascia común, se relacionan con el ganglio simpático cervical envuelto por su fascia, el eje visceral envuelto por su fascia y la fascia alar (Figuras 68, 69 y 71).

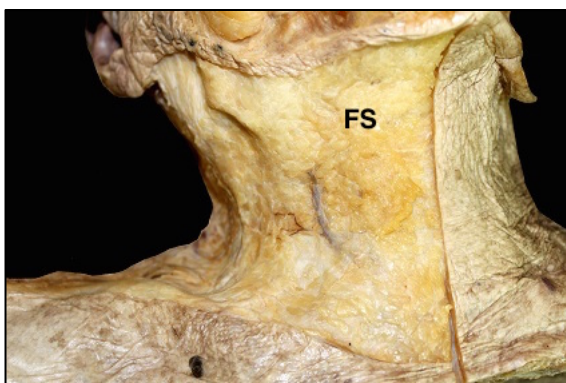


Figura 62

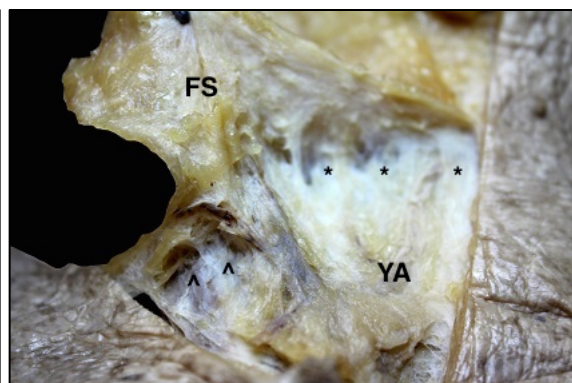


Figura 63

Figura 62. Fotografía de disección de espécimen adulto, en el que se observa la fascia subcutánea en el tejido celular subcutáneo. **Figura 63.** Fotografía de disección de espécimen adulto, en el que se ha reclinado la fascia subcutánea para evidenciar las conexiones fasciales con la fascia de los planos superficial (puntas de flecha) y medio (asteriscos) a la altura de la línea alba del cuello. FS: Fascia subcutánea; YA: Vena yugular anterior.

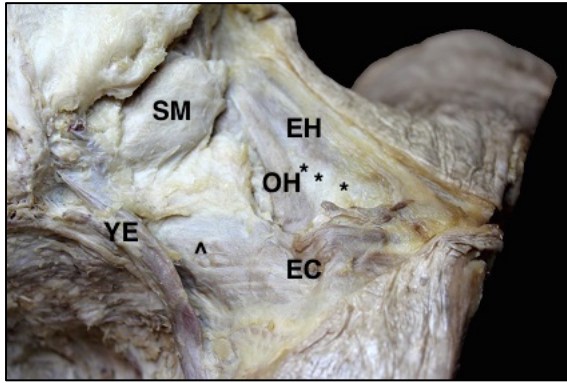


Figura 64

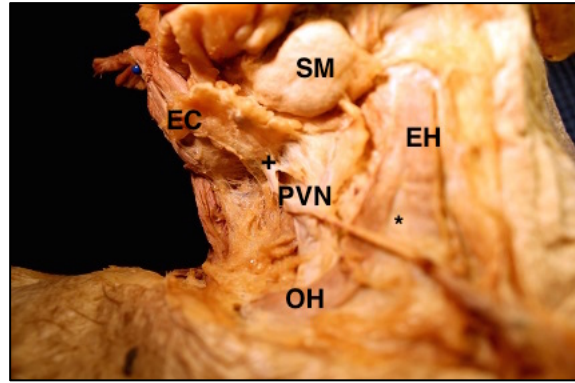


Figura 65

Figura 64. Fotografía de disección de espécimen adulto. Detalle de la fascia del compartimento superficial (punta de flecha) y la del compartimento medio (asteriscos). **Figura 65.** Fotografía de disección de espécimen adulto. Músculo esternocleidomastoideo rechazado y su relación con la fascia vasculonerviosa (cruz) y la del plano medio (asterisco). EC: Músculo esternocleidomastoideo; EH: Músculo esternohioideo; OH: Músculo omohioideo; PVN: Paquete vasculonervioso del cuello; SM: Glándula submandibular; YE: Vena yugular externa.

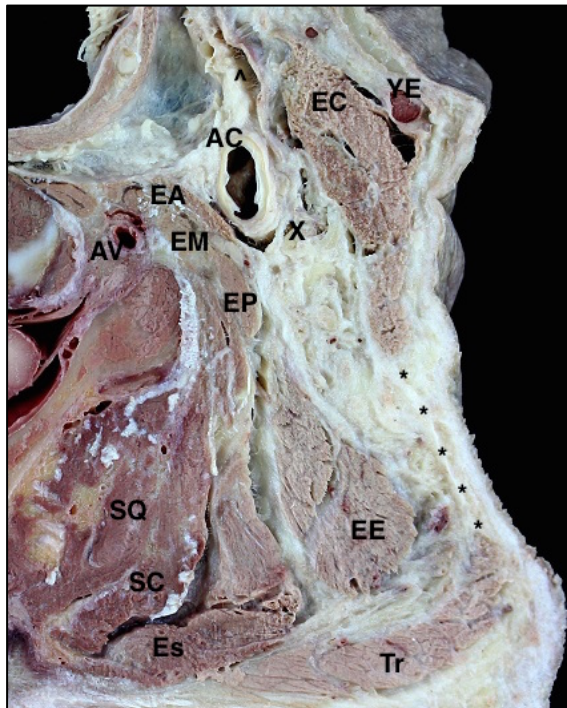


Figura 66

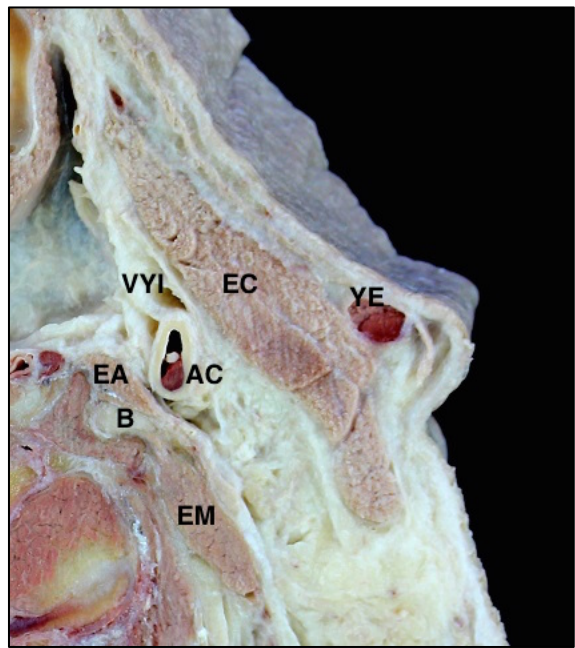


Figura 67

Figura 66. Sección transversal de espécimen adulto a nivel de C4, visión caudal. Se observa la fascia del plano muscular superficial cubriendo el espacio triangular posterior del cuello o supraclavicular (asteriscos), la vena yugular interna aparece colapsada (punta de flecha). **Figura 67.** Sección transversal de espécimen adulto a nivel de C5, visión caudal. Puede observarse la división de las dos porciones musculares del músculo esternocleidomastoideo. AC: Arteria carótida común; AV: Arteria vertebral; B: Ramas del plexo braquial; EA: Músculo escaleno anterior; EC: Músculo esternocleidomastoideo; EE: Músculo elevador de la escápula; EM: Músculo escaleno medio; EP: Músculo escaleno posterior; Es: Músculo esplenio; SC: Músculo semiespinoso de la cabeza; SQ: Músculo semiespinoso del cuello; Tr: Músculo trapecio; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago; YE: Vena yugular externa.

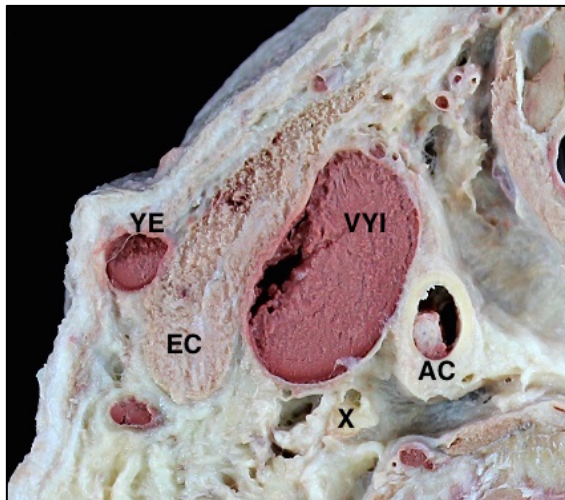


Figura 68

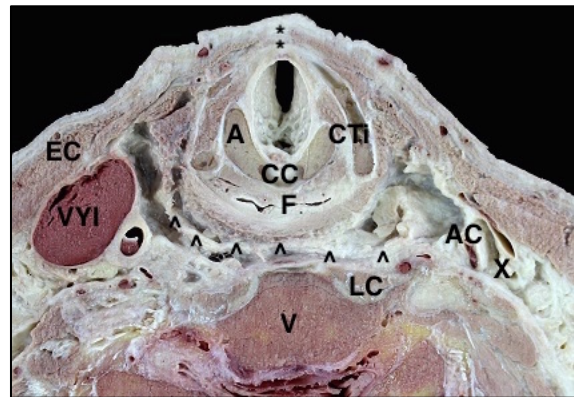


Figura 69

Figura 68. Sección transversal de espécimen adulto a nivel de C5, visión caudal. Se observa la relación directa del músculo esternocleidomastoideo con el paquete vasculonervioso a nivel de la vena yugular interna. **Figura 69.** Sección transversal de espécimen adulto a nivel de C6, visión caudal. Panorámica del eje visceral y de los paquetes vasculonerviosos, se observa la fascia alar (puntas de flecha) y su disposición entre ambos paquetes vasculonerviosos dividiendo el espacio retrofaríngeo. Asteriscos: Línea alba del cuello; A: Cartílago aritenoides; AC: Arteria carótida común; CC: Cartílago cricoides; CTi: Cartílago tiroides; EC: Músculo esternocleidomastoideo; F: Farínge; LC: Músculo largo del cuello; V: Cuerpo vertebral; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago; YE: Vena yugular externa.

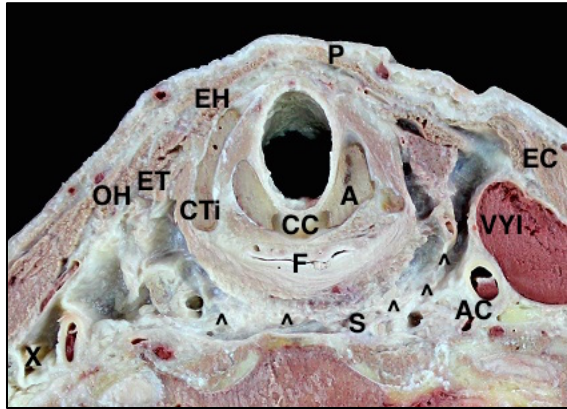


Figura 70

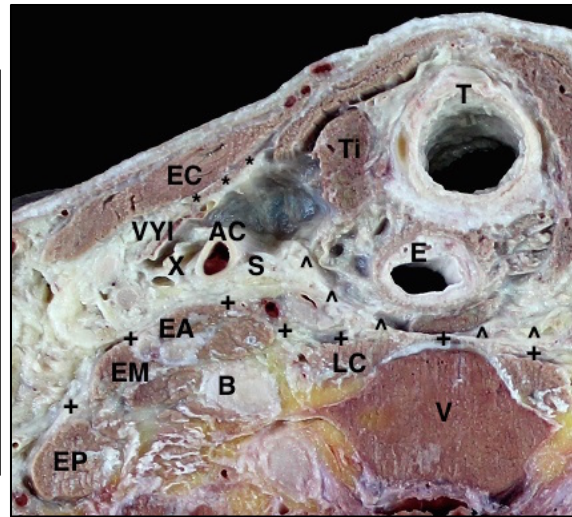


Figura 71

Figura 70. Sección transversal de espécimen adulto a nivel de C7, visión craneal. Se aprecia el espacio retrofaríngeo con la fascia alar (puntas de flecha) que emite conexiones tanto con la fascia visceral como la del plano muscular profundo. **Figura 71.** Sección transversal de espécimen adulto a nivel de T1, visión craneal. Puede observarse las uniones de la fascia alar (puntas de flecha) con la fascia del plano profundo (cruces). También se observa la relación del músculo omohioideo y su fascia (asteriscos) con la fascia que cubre a la vena yugular interna. A: Cartílago aritenoides; AC: Arteria carótida común; B: Ramas del plexo braquial; CC: Cartílago cricoides; CTi: Cartílago tiroides; E: Esófago; EA: Músculo escaleno anterior; EC: Músculo esternocleidomastoideo; EH: Músculo esternohioideo; EM: Músculo escaleno medio; EP: Músculo escaleno posterior; ET: Músculo esternotiroideo; F: Faringe; OH: Músculo omohioideo; P: Platisma; S: Cadena simpática cervical; T: Tráquea; Ti: Glándula tiroides; V: Cuerpo vertebral; VYI: Vena yugular interna; X: Nervio vago.

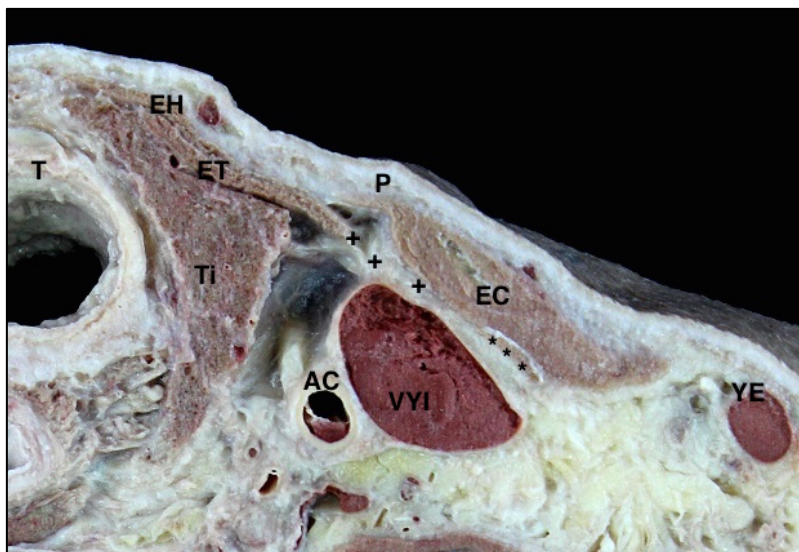


Figura 72

Figura 72. Sección transversal de espécimen adulto a nivel de T1, visión craneal. Lado contralateral a la Figura 71. Puede observarse la relación del músculo omohioideo (asteriscos) cruzando por delante del paquete vasculonervioso y la relación de la fascia del compartimento medio (cruces) con la fascia vasculonerviosa. AC: Arteria carótida común; EC: Músculo esternocleidomastoideo; EH: Músculo esternohioideo; P: Platisma; T: Tráquea; Ti: Glándula tiroides; VYI: Vena yugular interna; YE: Vena yugular externa.

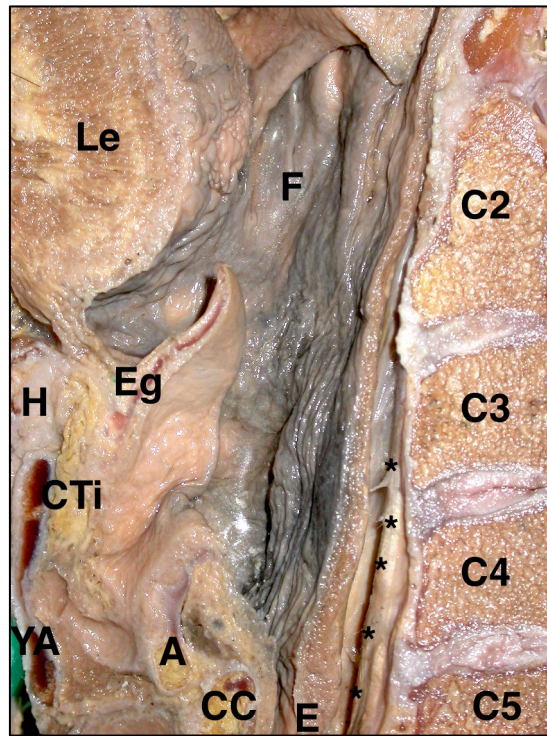


Figura 73

Figura 73. Corte sagital y medio de espécimen adulto, visión medial. Detalle del espacio retrofaríngeo, con la fascia alar (asteriscos) que se aprecia desde C2-C3 dividiendo a dicho espacio en dos partes. Se observan también las conexiones fasciales que emite a la fascia visceral y a la fascia del compartimento muscular profundo por delante de los cuerpos vertebrales. A: Cartílago aritenoides; C2-C5: Vértebras cervicales; CC: Cartílago cricoides; CTi: Cartílago tiroides; E: Esófago; Eg: Epíglotis; F: Faringe; H: Hueso hioides; Le: Lengua; YA: Vena yugular anterior.

DISCUSIÓN

6. DISCUSIÓN

Clásicamente y siguiendo un criterio topográfico, se han considerado en el cuello dos regiones: una anterolateral y otra dorsal. Esta última, denominada región cervical posterior o de la nuca, contiene los músculos autóctonos del dorso y el músculo elevador de la escápula, estando cubiertos superficialmente por la porción descendente del músculo trapecio. La región anterior o anterolateral, según la FCAT (1998), se divide a su vez en tres regiones: anterior, esternocleidomastoidea y cervical lateral. Presenta tres planos musculares: un plano muscular superficial formado por el músculo esternocleidomastoideo; uno medio, formado por la musculatura infrahioidea; y otro profundo, constituido por los músculos prevertebrales y escalenos. Además, contiene un eje central visceral y el paquete vasculonervioso (Testut y Latarjet, 1983; Orts Llorca, 1986; FCAT, 1998; Rouvière y Delmas, 2005; Moore y Dalley, 2007; Standring, 2008).

Nuestro estudio analiza el desarrollo y disposición de las estructuras fasciales de la porción anterolateral del cuello.

Las fascias son un tema controvertido y complejo, fundamentalmente porque en la anatomía clásica era un elemento que carecía de valor y que, por tanto, se desechaba en la disección. Hay pocos Atlas de Anatomía que representen de forma clara la disposición de esta estructura en nuestro organismo. Además, las descripciones de las fascias son subjetivas, ya que dependen del que las disecciona y describe, de ahí que Malgaigne (1834), en su manual de Medicina Operativa basado en la Anatomía Normal y Anatomía Patológica, expusiera: “las fascias son el proteus anatómico que toma diferentes formas según la fantasía del observador”.

Lindner (1986) señaló que la confusión en la descripción de las fascias cervicales es debido a dos razones: la primera, es que existen dificultades en la disección anatómica porque debido al proceso de conservación de los especímenes se crean falsos espacios, mientras que otros espacios verdaderos quedan obliterados (Kumka y Bonar, 2012). La segunda, es que los anatómicos y los

cirujanos presentan puntos de vista muy diferentes a la hora de describir estas estructuras, lo que genera controversias. Pero se han señalado otras causas que pueden producir variaciones en la disposición de las fascias, fenómenos secundarios de adhesión fascial durante los periodos pre- y postnatales, procesos patológicos previos que pueden alterar la disposición fascial e incluso se ha aducido la forma de vida, ya que el desarrollo del músculo está en concordancia con la actividad o tipo de trabajo (Mauro et al., 1966).

Nuestros resultados confirman que las fascias del cuello derivan del mesénquima. Se han realizado algunos estudios sobre el desarrollo de las fascias en otras regiones de nuestro organismo, como en el espacio retroperitoneal (Mirilas y Skandalakis, 2009) o la fascia de Denonvilliers (Kim et al., 2015). Otros han estudiado en especímenes humanos entre la 21^a y 39^a semana de desarrollo, las fascias profundas del brazo, muslo y región lumbar (Blasi et al., 2014) o las implicaciones anatomoquirúrgicas de la fascia cribiforme en el triángulo de Scarpa en especímenes de 11 a 35 semanas de desarrollo (Micheletti et al., 1998).

A nivel cervical, algunos autores han analizado la composición de fibras elásticas de las fascias utilizando fetos humanos (Kinoshita et al., 2013) o la configuración de los compartimentos en el cuello (Katori et al., 2013), incluso hay estudios que analizan la constitución de la vaina carotídea mediante disecciones en fetos humanos (Piffer, 1980). Sin embargo, no existen estudios sistemáticos del desarrollo de la fascias del cuello en sus primeros estadios, esencialmente durante el periodo embrionario.

Nuestro trabajo demuestra que las fascias del cuello presentan en su desarrollo unos estadios embrionarios claramente diferenciados:

- Estadio blastemático, al principio de la 6^a semana de desarrollo.
- Estadio de alineamiento mesenquimal, al final de la 6^a semana de desarrollo.
- Estadio fibroblástico, en la 7^a semana de desarrollo.
- Estadio fascial, a partir de la 8^a semana de desarrollo.

En la 6ª semana de desarrollo hay una clara diferencia entre el inicio y el final de la misma ya que, en este último caso, las células mesenquimales se alinean, generalmente en una capa alrededor de las estructuras del cuello. De esta manera, en el plano muscular superficial, las dos porciones de origen del músculo esternocleidomastoideo están separadas, posteriormente las células mesenquimales se alinean entre los bordes anteriores de dicho músculo así como entre los bordes anterior del músculo trapecio y posterior del músculo esternocleidomastoideo a nivel de la región supraclavicular, constituyendo el esbozo de la fascia intermuscular a ese nivel.

En la región supraclavicular, es evidente la fascia en la 10ª semana de desarrollo, aunque más delgada que la que recubre a los músculos esternocleidomastoideo y trapecio. No estamos de acuerdo con aquellos autores que consideran que a este nivel no hay una fascia bien constituida que cierre el compartimento muscular superficial (Zhang y Lee, 2002; Nash et al., 2005). Coincidimos con aquellos autores que señalan que el compartimento muscular superficial del cuello está cerrado completamente (Beahrs et al., 1955; Paonessa y Coldstein, 1976). Algunos autores han señalado variaciones musculares en el adulto en relación con la fascia a este nivel, esencialmente la presencia del músculo cleidoatlanticus (Gruber, 1876); para Rodríguez-Vázquez et al. (2009) su presencia se produce como consecuencia de atravesar las ramas superficiales del plexo cervical (nervio transverso del cuello y nervio auricular mayor) la masa blastemática del músculo esternocleidomastoideo.

De la misma manera, el alineamiento mesenquimal rodea a los músculos infrahioides y recubre a los músculos del plano profundo.

Durante este periodo, se observa en la zona retrofaríngea el esbozo de la fascia alar, hecho que consideramos relevante.

Charpy, en 1901, describió una conexión sagital entre la fascia prevertebral y visceral, conexión que recogieron en sus textos Testut (1902) y Rouvière (1927), y que recibió la denominación de tabiques sagitales de Charpy. Esta descripción ha

permanecido hasta nuestros días, siendo recogida por diferentes libros de texto, como el de Orts Llorca (1986), Chevrel y Fontaine (1996) o Rouvière y Delmas (2005). Más recientemente, Standring (2008) describe que el espacio prevertebral está limitado posteriormente por la fascia prevertebral, que recubre los músculos escalenos y prevertebrales, y anteriormente por la fascia bucofaríngea (fascia visceral). A nivel retrofaríngeo el espacio está dividido en dos por una fascia, formándose los espacios retrofaríngeo y el espacio peligroso.

En 1938, Grodinsky y Holyoke, describieron un desdoblamiento de la fascia prevertebral, denominado fascia alar. Posteriormente, otros autores confirman su existencia, señalando que ésta se fusiona lateralmente con la fascia vasculonerviosa (Lewitt, 1976; Paonessa y Goldstein, 1976; Gavid et al., 2018). No estamos de acuerdo con Feigl (2015), ni en la denominación de la fascia alar como intercarotídea, puesto que puede generar confusión, ni en el contenido del espacio retrovisceral, ya que afirma que en él se encuentran los lóbulos tiroideos, cuando en nuestro estudio hemos observado que estos se sitúan por dentro de la fascia visceral común.

La fascia alar se extiende desde C1, donde está fusionada con la fascia prevertebral, hasta T2, donde se fusiona con la fascia visceral (Lindner, 1986; Vieira et al., 2008; Scali et al., 2015; Gavid et al., 2018). Gavid et al. (2018) sugieren que la fascia alar no es un desdoblamiento de la fascia prevertebral, sino una expansión de la fascia visceral. Miyake et al. (2011), identificaron la fascia alar en un estudio en fetos humanos entre 15 y 25 semanas de desarrollo, dispuesta entre las fascias vasculonerviosas. Además, en su estudio señalaron que presentaba conexiones con la envoltura fascial de los grandes vasos mediastínicos.

Nuestro estudio identifica al final de la 6ª semana de desarrollo, el esbozo de la fascia alar en el espacio retrofaríngeo, como un alineamiento de células mesenquimales que se dispone de un lado a otro, desde las células mesenquimales que envuelven el ganglio cervical superior del simpático. Este esbozo es claramente diferente del que constituye el esbozo de la fascia prevertebral, dispuesta sobre los músculos largos del cuello y entre sus bordes mediales.

Durante la 7ª semana de desarrollo, en la parte más medial, aparece la fascia alar formada por fibroblastos que inician la formación de matriz extracelular. A nivel retroesofágico no hemos observado la fascia alar.

Durante la 9ª semana de desarrollo, la fascia alar alcanza la fascia vasculonerviosa común. Durante la 11ª semana de desarrollo, la fascia alar alcanza lateralmente el ángulo diedro dispuesto entre la fascia visceral común y la fascia vasculonerviosa común.

Nuestro estudio en especímenes humanos adultos, muestra cómo la fascia alar se extiende desde C1 a C7 y que lateralmente alcanza el tejido areolar que se relaciona con la fascia vasculonerviosa y la fascia visceral común.

Las diferencias que existen en la literatura, tanto en la longitud de la fascia alar como en sus relaciones laterales, creemos que son debidas a variaciones individuales. En cualquier caso, queremos resaltar que durante el periodo embrionario, en la parte superior, debido al tamaño del ganglio cervical superior así como a la estrechez del espacio, probablemente la fascia alar se disponga desde un ganglio cervical superior del simpático a otro, pero a medida que descendemos, la fascia se dispone hacia el ángulo diedro entre la fascia vasculonerviosa común y la visceral común.

En cualquier caso, queda confirmado por el desarrollo que existe una fascia interpuesta entre las fascias prevertebral y visceral común que divide el espacio retrovisceral a nivel faríngeo, sobre todo a nivel oro- y laringofaríngeo, en uno anterior, retrofaríngeo, y otro posterior, prevertebral. Este último ha sido denominado por algunos clínicos (Scali y cols., 2015) y anatómicos (Standring, 2008) como espacio peligroso. Además, se ha propuesto que la fascia alar es comparable en espesor a la fascia prevertebral y visceral (Scali y cols., 2015); sin embargo, otros autores consideran que es una capa fibroareolar más flexible (Ozlugedik y cols, 2005; Debnam y Guha-Thakurta, 2012). Nuestro estudio muestra un desarrollo similar al de las fascias prevertebral y visceral y, además, en

las secciones del adulto, se comprueba que tiene la misma solidez y consistencia que la prevertebral.

Los movimientos iniciales en el embrión humano comienzan, según estudios ecográficos, durante la 6ª semana de desarrollo (Humphrey, 1968; De Vries et al., 1982; De Vries y Fong, 2006). Estos movimientos se observan en las extremidades y en la cabeza, pero también se observan movimientos respiratorios y de la mandíbula. Nosotros sugerimos que la fascia alar es importante para el establecimiento de los movimientos de ascenso y descenso de la mandíbula que se inician en este período y que se mantendrán a lo largo de la vida. Estos resultados han sido presentados en las 28ª Jornadas de Fisioterapia EUF-ONCE ETM TUPIMEK, celebradas en Madrid en marzo de 2018.

Por otro lado, en estudios radiológicos de pacientes sanos, no suele ser fácil identificar la fascia alar (Chong y Fan, 2000) que suele ser ignorada y, por tanto, llevar a interpretaciones erróneas de esta región. Sin embargo, la fascia alar ha sido identificada mediante tomografía computerizada con contraste en pacientes edematosos post-irradiación (Mukherji y Castillo, 1998).

La importancia del reconocimiento de esta fascia no es solo por su posible función, sino también porque puede contribuir a formar una barrera a la extensión de infecciones procedentes de la región faríngea que podrían extenderse hacia el mediastino a través del espacio prevertebral (Lindner, 1986; Debnam y Guha-Thakurta, 2012; Gavid et al., 2018).

Algunos autores, recogen en sus textos que el músculo omohioideo envuelto por la fascia de la musculatura infrahioidea es tensor de esta y puede actuar, sobre la vena yugular interna envuelta por la fascia vasculonerviosa, por las relaciones que mantienen (Orts Llorca, 1986; Lippert, 2010). Rai et al. (2008), en su estudio sobre las variaciones del músculo omohioideo, sugieren que por las relaciones que mantiene el músculo con la vena yugular interna, tiene una importante función sobre la luz de la misma. Por otro lado, Patra et al. (1988), informaron de la importancia que tiene la contracción del músculo omohioideo sobre la

hemodinámica de la vena yugular interna y con la circulación venosa intracraneal, hallazgo que también observaron Giancesini et al. (2014), con la implicación de este y sus variaciones anatómicas en algunos casos de insuficiencia venosa crónica cerebro-espal al producir un atrapamiento de la vena yugular interna y condicionar una compresión extrínseca de la misma.

Ziolkowski et al. (1983), en su estudio realizado en 96 fetos humanos de 4 a 7 meses, informaron que el tendón intermedio del músculo omohioideo se adhiere a la pared anterior de la vena yugular interna a través de una delgada capa fascial y así la contracción del músculo podría tener un efecto directo sobre la luz del vaso.

Nuestros resultados muestran cómo al final de la 6ª semana de desarrollo, los músculos esternocleidomastoideo y omohioideo mantienen relaciones a través de mesénquima condensado con la laguna linfática del cuello. Durante la 7ª semana de desarrollo, los fibroblastos comienzan a formar matriz extracelular. A partir de la 9ª semana es evidente la relación del músculo omohioideo envuelto por su fascia, con la laguna linfática del cuello y con la vena yugular interna, envuelta en la fascia vasculonerviosa común. En la 10ª semana de desarrollo, las conexiones entre las fascias de estas estructuras son muy evidentes.

En las secciones de los especímenes adultos, se mantienen las adherencias entre las fascias de los músculos esternocleidomastoideo y omohioideo y la fascia vasculonerviosa a nivel de la vena yugular interna.

De acuerdo con Caggiati (2000), estos resultados pueden sugerir que las contracciones de los músculos esternocleidomastoideo y omohioideo son importantes para estimular la dinámica de la linfa y del retorno venoso a través de la vena yugular interna. Kumka y Bonar (2012), por otro lado, destacan la función de compresión de las fascias como un factor importante en el retorno venoso.

Otro aspecto importante a destacar es que, en la 7ª semana de desarrollo, los fibroblastos inician la formación de matriz extracelular inicialmente en los lugares de proximidad entre las estructuras. Así, hemos observado que sucede

entre el músculo esternocleidomastoideo y la laguna linfática cervical, el nervio cervical transverso, la vena yugular interna y la vena yugular externa. En el plano muscular medio, esto ocurre entre el músculo omohioideo y la laguna linfática cervical. En el plano profundo aparece el esbozo de la fascia alar. En el paquete vasculonervioso se inicia la formación de envolturas fasciales propias en las zonas de contacto entre las estructuras. De acuerdo con Kumka y Bonar (2012), y según nuestras observaciones, las fascias tienen una función de aislar las estructuras para permitir el deslizamiento entre ellas y reducir la fricción durante los movimientos, proporcionando un soporte físico y absorbiendo los impactos. Quizás el paradigma de este hecho sea el desarrollo de las fascias visceral y vasculonerviosa. En efecto, al final de la 6ª semana de desarrollo, cada estructura visceral está rodeada de mesénquima que la separa de la vecina. De igual forma, cada estructura del paquete vasculonervioso está rodeada por células mesenquimales, si bien hay que destacar que la capa de células mesenquimales es mayor a nivel de la arteria carótida común. Ya hemos señalado cómo en la 7ª semana se inicia la formación de la fascia propia de cada estructura en las zonas de contacto entre ellas. Durante la 9ª semana de desarrollo, la fascia visceral común inicia su formación en la parte anterior, donde está en contacto con la musculatura infrahioidea, y en la parte posterior, donde ya existe una evidente fascia alar. De igual manera, durante esta semana ya existe una fascia común vasculonerviosa. Es a la 10ª semana de desarrollo, cuando la fascia visceral se completa.

Mención aparte, merece las relaciones de la cadena simpática y el ganglio cervical superior del simpático. Algunos autores consideran a esta estructura nerviosa como integrante del paquete vasculonervioso del cuello (Testut y Latarjet, 1983; Lindner, 1986; Vieira et al., 2008) o que está rodeada por la fascia prevertebral (Romiti, 1892; Orts Llorca, 1986). Sin embargo, nuestros resultados contradicen esta afirmación, pues ya en la 8ª semana de desarrollo, se observa cómo la cadena simpática tiene una envoltura propia que la separa de los músculos prevertebrales envueltos por la fascia prevertebral y de la fascia común vasculonerviosa. Nosotros sugerimos que la cadena simpática tiene una fascia propia e independiente de la fascia prevertebral y de la fascia vasculonerviosa común, y es a través de ella, como se relaciona con las estructuras vecinas.

Probablemente las adherencias formadas entre las fascias del tronco simpático cervical, la prevertebral, la vasculonerviosa común y la visceral común sean las estructuras que han sido nombradas como tabiques sagitales de Charpy.

6.1. FUNCIONES

Basándonos en el desarrollo de las fascias del cuello, podemos sugerir las siguientes funciones:

6.1.1. Protección.

Nuestros resultados demuestran que cada estructura de forma individual (músculo, víscera, vaso, nervio, sistema linfático...) tiene una fascia propia de origen mesenquimal que le protege y separa de las estructuras vecinas. Un conjunto de estructuras están a su vez rodeadas por una fascia común, que las protege y permite además los movimientos de deslizamiento respecto a las estructuras con las que se relaciona, sin que se produzca daño alguno. Un ejemplo claro de esta función es la fascia alar, cuya función podría ser permitir los movimientos de ascenso y descenso del eje visceral sobre la fascia prevertebral sin que se produzca estrés funcional. Stecco C. et al. (2011), ya observaron que en las fascias profundas de las estructuras existen células secretoras de ácido hialurónico y que, por tanto, podría considerarse que la fascia forma una cápsula conjunta que proporciona una superficie deslizante.

Por otro lado, se ha informado que las fascias pueden ser una barrera para la propagación de tumores (Khafif-Hefetz et al., 2004) y de infecciones (Vieira et al., 2008; Debnam y Guha-Thakurta, 2012; Gavid et al., 2018).

6.1.2. Mecánica.

Numerosos investigadores han informado de la importancia de las fascias por su función mecánica. De este modo, se ha resaltado su capacidad para amortiguar o absorber el movimiento o incluso el traumatismo, esencialmente por su contenido en proteoglucanos (Pilat, 2003) o para transmitir la fuerza extra- e intramuscular al tejido circundante o conectar con grupos musculares (Huijing y Baan, 2001; Huijing, 2007; Huijing et al., 2007).

Nuestros resultados muestran como en efecto, desde el final de la 6ª semana de desarrollo, todas las estructuras del cuello están rodeadas por mesénquima que dará lugar a la fascia correspondiente. Por otro lado, los tres planos musculares envueltos por su fascia, están conectados unos con otros. Así, el plano muscular superficial se conecta con el plano muscular medio a través de las relaciones del músculo esternocleidomastoideo con el omohioideo, esternohioideo y, por supuesto, a través de la línea alba del cuello. De igual forma, el plano muscular profundo está conectado con el medio a través de la fascia vasculonerviosa y la fascia prevertebral a nivel de la musculatura escalénica, que se relaciona con el vientre inferior del músculo omohioideo. La fascia del plano muscular superficial está relacionada con la que recubre a los músculos autóctonos del dorso y está a su vez en conexión con la fascia del plano profundo por las relaciones que mantiene los músculos escalenos con el músculo elevador de la escápula.

Además, es sabido que la fascia es necesaria para mantener la forma del músculo y para incrementar su eficacia mecánica (Pilat, 2003). En el muslo esta función ha sido referida para señalar la acción del músculo sartorio (Orts Llorca, 1986). En el cuello, los músculos esternocleidomastoideo y omohioideo son dos músculos cuyas fascias podrían tener una función similar.

La importancia de la función de la estructura en el desarrollo se ha puesto de manifiesto por la mecanotransducción. El desarrollo de los músculos del cuello discurre paralelo al desarrollo del tejido conjuntivo que forma parte de ellos

(endomisio, perimisio, epimisio y fascia de envoltura). Además, hay una correlación precisa entre el desarrollo de la fascia alar y el inicio del movimiento de la faringe, tal y como ya hemos señalado.

6.1.3. Compartimental.

Nuestros resultados confirman que las estructuras del cuello están compartimentalizadas tal y como se ha señalado por numerosos autores (Vieira et al., 2008; Kumka y Bonar, 2012; Guidera et al., 2014; Kitamura, 2017). Esencialmente podemos definir el compartimento muscular superficial, el compartimento muscular medio, el compartimento muscular profundo, el compartimento visceral y el compartimento vasculonervioso.

6.1.4. Hemodinámica.

Nuestros resultados confirman la relación durante el desarrollo y en el adulto de los músculos esternocleidomastoideo y omohioideo, envueltos por su fascia correspondiente con el paquete vasculonervioso, esencialmente en su porción a nivel de la vena yugular interna. Además, ambas estructuras musculares guardan estrecha relación durante el desarrollo con la laguna linfática del cuello. La actividad muscular y las fascias que envuelven a las estructuras venosas y linfáticas podrían ejercer una función de bombeo para la movilización del contenido venoso y linfático (Caggiati, 2000). Es bien conocida la importancia de la movilización precoz de las extremidades inferiores tras una intervención quirúrgica con objeto de evitar la enfermedad tromboembólica como complicación postquirúrgica.

6.1.5. Vías para vasos y nervios.

Los vasos y nervios de las estructuras del cuello se pueden localizar en las fascias. En nuestro estudio, lo hemos descrito en las fascias que separan las dos

porciones del músculo esternocleidomastoideo o que se disponen entre los folículos de la glándula tiroides.

6.2. NOMENCLATURA

Las fascias cervicales han sido nombradas de forma muy diferente por todos los autores que las han estudiado, como se muestra en la tabla 1, generando dificultades para su descripción. Una de las controversias más importantes radica en el concepto de la “fascia subcutánea”, término acuñado por Grodinsky y Holyoke (1938). La fascia subcutánea se confunde en numerosas ocasiones con la fascia del plano superficial, y su descripción, como hemos explicado anteriormente, se encuentra sujeta a la variabilidad interpersonal y el trato recibido por las fascias en las disecciones anatómicas clásicas.

Algunos autores describen la fascia subcutánea como una hoja fibrosa que se extiende desde la cabeza y cuello hasta el tórax y la axila y que, en el cuello, dicha fascia junto con el platismo forman una especie de sistema musculoaponeurótico en la región cervical anterior (Standring, 2008). Sin embargo, otros autores (Chopra et al., 2011; Lancerotto et al., 2011), opinan que la fascia del plano superficial no forma parte de dicho sistema musculoaponeurótico, sino que esta se encuentra en el tejido celular subcutáneo y que en el cuello envuelve al platismo.

En nuestro estudio hemos observado que la fascia subcutánea es independiente de la fascia del plano muscular superficial, tanto en embriones y fetos como en las disecciones de cadáveres.

Atendiendo a la morfogénesis de las fascias, se ha propuesto su clasificación en dos grupos: las que derivan de la primitiva lámina fibromuscular (miofascias) y las que derivan del engrosamiento conjuntivo (fascias viscerales) (Mauro et al., 1966). Se considera que la musculatura del cuerpo está organizada en anillos concéntricos miofasciales. Durante el desarrollo, la musculatura involuciona donde

no es funcionalmente necesaria y las láminas fasciales que envuelven al músculo se adhieren. De esta forma, el anillo está formado por músculo envuelto por fascia y una doble capa de fascia donde el músculo no se ha desarrollado.

Nuestros resultados contradicen esta concepción. Todas las fascias derivan del mesénquima indiferenciado como se observa al principio de la 6ª semana del desarrollo. A nivel del músculo, la fascia deriva del mesénquima que se alinea y rodea al mismo al final de la 6ª semana de desarrollo. Las funciones de protección y mecánica que tiene la fascia, hace que se inicie la formación de la misma en aquellos lugares en los que hay proximidad entre estructuras vecinas, hecho que se observa durante la 7ª semana de desarrollo. Nuestro estudio sobre el desarrollo de las fascias del cuello corrobora el de Natale et al. (2015) al considerar que la fascia no se divide en dos hojas para envolver al músculo, y contradice a numerosos autores que refieren que los músculos esternocleidomastoideo, trapecio e infrahioides están rodeados por desdoblamientos de la fascia (Testut y Latarjet, 1983; Orts Llorca, 1986; Rouvière y Delmas, 2005; Tutusaus y Potau, 2015). Del mismo modo contradice a los que proponen que la cadena simpática cervical está envuelta por la fascia prevertebral (Lindner, 1986; Vieira et al., 2008). Es más, en el espacio intermuscular, la fascia tiene un desarrollo similar a partir del mesénquima, cerrando el espacio y creando de esta forma un compartimiento, lo que corrobora las funciones de las fascias descritas y, por lo tanto, no son un mero tejido que separa a los músculos.

Por otro lado, nuestro estudio también sugiere que las fascias visceral y vasculonerviosa tienen un desarrollo y una función similar al de la fascia muscular, sirviendo de ejemplo la fascia alar.

En el caso de las fascias visceral y vasculonerviosa, coincidimos con Natale et al. (2015) en que hay que considerar una fascia propia de la víscera, del nervio (perineuro) o del vaso. En el caso de las arterias correspondería a la denominada adventicia. Nosotros hemos comprobado cómo alrededor de la arteria carótida común existe un mayor número de capas de mesénquima ya en el final de la 6ª semana de desarrollo. Pero además, existe una fascia común que envuelve a varias

vísceras o elementos vasculonerviosos (paquete). Es más, nosotros hemos comprobado que la fascia propia de la glándula tiroides, se continúa con los tabiques intraglandulares de la misma. Estos tabiques tiene la misma función de sostén y aporte de vasos y nervios que el perimio del músculo.

Consideramos que una manera de resolver las controversias generadas por los diferentes términos, es resumir los principales términos utilizados y nuestra recomendación para evitar confusión viene recogida en la tabla 4.

Compartimento	Términos empleados	Término Recomendado
Tejido celular subcutáneo	Fascia cervical superficial	Fascia subcutánea
Plano muscular superficial	Hoja superficial de la fascia cervical profunda. Hoja de revestimiento de la fascia cervical profunda.	Fascia cervical superficial
Plano muscular medio	Hoja media de la fascia cervical profunda. Hoja pretraqueal de la fascia cervical profunda.	Fascia cervical media
Plano muscular profundo	Hoja profunda de la fascia visceral profunda.	Fascia prevertebral
Eje visceral	Hoja visceral de la fascia pretraqueal. Hoja visceral de la fascia cervical profunda Fascia bucofaríngea	Fascia visceral
	Fascia alar	Fascia alar
Paquete vasculonervioso	Vaina carotídea	Fascia vasculonerviosa

Tabla 4. Terminología empleada y recomendada de las fascias cervicales.

En resumen, nuestro estudio del desarrollo de las fascias de la región anterior del cuello en especímenes humanos de 6 a 12 semanas de desarrollo confirma el origen mesenquimal de las mismas. Nuestros resultados establecen unos estadios de desarrollo durante el periodo embrionario. Nuestro estudio

establece el origen y disposición de las fascias del cuello, así como de la fascia alar. El desarrollo de las fascias nos permite sugerir algunas funciones de las fascias. Finalmente proponemos una terminología de las fascias del cuello basada en el desarrollo.

CONCLUSIONES

7. CONCLUSIONES

1. Hemos comprobado el origen mesenquimal de las fascias de la región anterior del cuello.
2. Sugerimos que las fascias siguen unos estadios durante el desarrollo embrionario:
 - Estadio blastemático, al principio de la 6ª semana de desarrollo.
 - Estadio de alineamiento mesenquimal, al final de la 6ª semana de desarrollo.
 - Estadio fibroblástico, en la 7ª semana de desarrollo.
 - Estadio fascial, a partir de la 8ª semana de desarrollo.
3. Proponemos que el inicio de la formación de las fascias se produce en los puntos de proximidad de las estructuras vecinas.
4. Hemos comprobado la presencia de la fascia alar y sugerimos que se forma como consecuencia de los movimientos del eje visceral del cuello.
5. Sugerimos que las fascias, debido a su desarrollo embrionario, pueden tener las siguientes funciones: protección, mecánica, compartimental, hemodinámica y servir de vía para los vasos y nervios.
6. Proponemos una terminología basada en el desarrollo embrionario de las fascias del cuello.

BIBLIOGRAFÍA

8. BIBLIOGRAFÍA

- Arráez-Aybar LA, Bueno-López JL, Raio N. *Toledo School of Translators and their influence on anatomical terminology*. Ann Anat. 2015 Mar;198:21-33.
- Arvind V, Huang AH. *Mechanobiology of limb musculoskeletal development*. Ann N Y Acad Sci. 2017 Dec;1409(1):18-32.
- Bank RA, TeKoppele JM, Oostingh G, Hazleman BL, Riley GP. *Lysylhydroxylation and non-reducible crosslinking of human supraspinatus tendon collagen: changes with age and in chronic rotator cuff tendinitis*. Ann Rheum Dis. 1999 Jan;58(1):35-41.
- Barcia Goyanes, JJ. *Onomatologia anatomica nova. Historia del lenguaje anatómico*. Secretariado de Publicaciones, Valencia, 1978.
- Barlow D. *The surgical anatomy of the neck in relation to septic lesions. An investigation of the cervical connective tissue*. J Anat. 1936 Jul;70(Pt 4):548-65.
- Beahrs OH, Gossel JD, Hollinshead WH. *Technic and surgical anatomy of radical neck dissection*. Am J Surg. 1955 Sep;90(3):490-516.
- Benetazzo L, Bizzego A, De Caro R, Frigo G, Guidolin D, Stecco C. *3D reconstruction of the crural and thoracolumbar fasciae*. Surg Radiol Anat. 2011 Dec;33(10):855-62.
- Benjamin M, Ralphs JR. *Fibrocartilage in tendons and ligaments –an adaptation to compressive load*. J Anat. 1998 Nov;193 (Pt 4):481-94.
- Benjamin M, Kaiser E, Milz S. *Structure-function relationships in tendons: a review*. J Anat. 2008 Mar;212(3):211-28.
- Benjamin M. *The fascia of the limbs and back – a review*. J Anat. 2009 Jan;214(1):1-18.
- Berkovitz BKB, Moxham BJ. *A Textbook of Head and Neck Anatomy*. Wolfe Medical Publications Ltd; Londres, 1988.
- Bielamowicz SA, Storper IS, Jabour BA, Lufkin RB, Hanafée WN. *Spaces and triangles of the head and neck*. Head Neck. 1994 Jul-Aug;16(4):383-8.

- Blasi M, Blasi J, Domingo T, Pérez-Bellmunt A, Miguel-Pérez M. *Anatomical and histological study of human deep fasciae development*. Surg Radiol Anat. 2015 Aug;37(6):571-8.
- Blitz E, Sharir A, Akiyama H, Zelzer E. *Tendon-bone attachment unit is formed modularly by a distinct pool of Scx- and Sox9-positive progenitors*. Development. 2013 Jul;140(13):2680-90.
- Bordoni B, Zanier E. *Skin, fascias, and scars: symptoms and systemic connections*. J Multidiscip Healthc. 2013 Dec 28;7:11-24.
- Bunker T. *Time for a new name for frozen shoulder—contracture of the shoulder*. Shoulder & Elbow. 2009;1(1):4-9.
- Buser KB, Bart G. *Surgical Implications of the Retropharyngeal Space*. Am Surg. 1984 Jan;50(1):33-5.
- Caggiati A. *Fascial relations and structure of the tributaries of the saphenous veins*. Surg Radiol Anat. 2000;22(3-4):191-6.
- Chevrel JP, Fontaine C. *Anatomie Clinique. Tome 3*. 3^a Ed. Springer, París. 1996, pp. 318-319.
- Chong VF, Fan YF. *Radiology of the retropharyngeal space*. Clin Radiol. 2000 Oct;55(10):740-8.
- Chopra J, Rani A, Rani A, Srivastava AK, Sharma PK. *Re-evaluation of superficial fascia of anterior abdominal wall: a computed tomographic study*. Surg Radiol Anat. 2011 Dec;33(10):843-9.
- Chua DT, Sham JS, Kwong DL, Au GK, Choy DT. *Retropharyngeal lymphadenopathy in patients with nasopharyngeal carcinoma: a computed tomography-based study*. Cancer. 1997 Mar 1;79(5):869-77.
- Clascá F, Bover R, Burón JA, Castro-Calvo A, Díaz-Sastre MA. *Anatomía seccional. Atlas de Esquemas Axiales*. 1^a Ed. Masson. Barcelona, 2002.
- Cope, FW. *A review of the applications of solid state physics concepts to biological systems*. J Biol Phys 1975;3:1-41.
- Davis WL, Harnsberger HR, Smoker WR, Watanabe AS. *Retropharyngeal space: evaluation of normal anatomy and diseases with CT and MR imaging*. Radiology. 1990 Jan;174(1):59-64.
- De la Cuadra-Blanco C, Peces-Peña MD, Carvallo-de Moraes LO, Herrera-Lara ME, Mérida-Velasco JR. *Development of the platysma muscle and the superficial*

- musculoaponeurotic system (human specimens at 8-17 weeks of development).* ScientificWorldJournal. 2013 Dec 12;2013:716962.
- De Vries JI, Visser GH, Prechtl HF. *The emergence of fetal behaviour. I. Qualitative aspects.* Early Hum Dev. 1982 Dec;7(4):301-22.
- De Vries JI, Fong BF. *Normal fetal motility: an overview.* Ultrasound Obstet Gynecol 2006; 27: 701–711.
- Debnam JM, Guha-Thakurta N. *Retropharyngeal and prevertebral spaces: anatomic imaging and diagnosis.* Otolaryngol Clin North Am. 2012 Dec;45(6):1293-310.
- Donnelly E, Ascenzi MG, Farnum C. *Primary cilia are highly oriented with respect to collagen direction and long axis of extensor tendon.* J Orthop Res. 2010 Jan;28(1):77-82.
- Eagan TS, Meltzer KR, Standley PR. *Importance of strain direction in regulating human fibroblast proliferation and cytokine secretion: a useful in vitro model for soft tissue injury and manual medicine treatments.* J Manipulative Physiol Ther. 2007 Oct;30(8):584-92.
- Everts EC, Echevarría J. *The Pharynx and Deep Neck Infections.* In: Paparella MM, Shumrick DA, editors. Otolaryngology. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 1973. p. 318-340.
- FCAT (Federative Committee on Anatomical Terminology). *Terminología Anatómica. International Anatomical Terminology.* 1^a Ed. Thieme. Stuttgart, Nueva York, 1998.
- Feigl G. *Fascia and spaces on the neck: myths and reality.* Medicina fluminensis 2015, Vol. 51, No. 4, p. 430-439.
- Felsenthal N, Zelzer E. *Mechanical regulation of musculoskeletal system development.* Development. 2017 Dec 1;144(23):4271-4283.
- Fliegauf M, Benzing T, Omran H. *When cilia go bad: cilia defects and ciliopathies.* Nat Rev Mol Cell Biol. 2007 Nov;8(11):880-93.
- Gabbiani G, Majno G. *Dupuytren's contracture: fibroblast contraction? An ultrastructural study.* Am J Pathol. 1972 Jan;66(1):131-46.
- García-Porrero JA, Hurlé JM. *Anatomía Humana.* 1^a Ed. McGraw-Hill Interamericana. Madrid. 2005.

- Gavid M, Dumollard JM, Habougite C, Lelonge Y, Bergandi F, Peoc'h M, Prades JM. *Anatomical and histological study of the deep neck fasciae: does the alar fascia exist?*. Surg Radiol Anat. 2018 Jan 29.
- Gelse K, Pöschl E, Aigner T. *Collagens—structure, function, and biosynthesis*. Adv Drug Deliv Rev. 2003 Nov 28;55(12):1531-46.
- Gianesini S, Menegatti E, Mascoli F, Salvi F, Bastianello S, Zamboni P. *The omohyoid muscle entrapment of the internal jugular vein. A still unclear pathogenetic mechanism*. Phlebology. 2014 Oct;29(9):632-5.
- Graber MA, Kathol M. *Cervical spine radiographs in the trauma patient*. Am Fam Physician. 1999 Jan 15;59(2):331-42.
- Grodinsky M, Holyoke EA. *The fasciae and fascial spaces of the head, neck and adjacent regions*. Am J Anat (1938) 63:367–393.
- Grodinsky M. *Ludwig's angina, retropharyngeal abscess and other deep abscesses of the head and neck*. JAMA. 1940;114(1):18-22.
- Gruber W. *Ein Musculus cleido-cervicalis s. trachelo-clavicularis imus*. Arch Anat Physiol Wissen Med. 1876;1876:757–758.
- Guidera AK, Dawes PJ, Fong A, Stringer MD. *Head and neck fascia compartments: No space for spaces*. Head Neck. 2014 Jul;36(7):1058-68.
- Gundelach R, Ullah R, Coman S, Campbell K. *Liposarcoma of the retropharyngeal space*. J Laryngol Otol. 2005 Aug;119(8):651-4.
- Hall BK, Herring SW. *Paralysis and growth of the musculoskeletal system in the embryonic chick*. J Morphol. 1990 Oct;206(1):45-56.
- Harnsberger HR, Osborn AG. *Differential diagnosis of head and neck lesions based on their space of origin. 1. The suprahyoid part of the neck*. AJR Am J Roentgenol. 1991 Jul;157(1):147-54.
- Hayashi S. *Histology of the Human Carotid Sheath Revisited*. Okajimas Folia Anat Jpn. 2007 Aug;84(2):49-60.
- Hayes MA. *Abdominopelvic fascia*. Am J Anat. 1950 Jul;87(1):119-61.
- Hedley G. *Notes on visceral adhesions as fascial pathology*. J Bodyw Mov Ther. 2010 Jul;14(3):255-61.
- Henderson JH, Carter DR. *Mechanical induction in limb morphogenesis: the role of growth-generated strains and pressures*. Bone. 2002 Dec;31(6):645-53.

- Herbest C. *Formative Reize in der tierischen Ontogenese. Ein Beitrag zum Verständnis der tierischen Embryonalentwicklung*. Leipz: Georgi, 1901.
- Hiatt JL, Gartner LP. *Textbook of head and neck anatomy*. 2^a Ed. Williams & Wilkins. Baltimore. 1987.
- Hoey DA, Tormey S, Ramcharan S, O'Brien FJ, Jacobs CR. *Primary cilia-mediated mechanotransduction in human mesenchymal stem cells*. Stem Cells. 2012 Nov;30(11):2561-70.
- Hollingshead WH. *Anatomy for Surgeons*. 3^a Ed. Harper & Row. Filadelfia. 1982.
- Huang AH, Riordan TJ, Wang L, Eyal S, Zelzer E, Brigande JV, Schweitzer R. *Repositioning forelimb superficialis muscles: tendon attachment and muscle activity enable active relocation of functional myofibers*. Dev Cell. 2013 Sep 16;26(5):544-51.
- Huijing PA, Baan GC. *Extramuscular myofascial force transmission within the rat anterior tibial compartment: proximo-distal differences in muscle force*. Acta Physiol Scand. 2001 Nov;173(3):297-311.
- Huijing PA, Maas H, Baan GC. *Compartmental fasciotomy and isolating a muscle from neighboring muscles interfere with myofascial force transmission within the rat anterior crural compartment*. J Morphol. 2003 Jun;256(3):306-21.
- Huijing PA. *Epimuscular myofascial force transmission between antagonistic and synergistic muscles can explain movement limitation in spastic paresis*. J Electromyogr Kinesiol. 2007 Dec;17(6):708-24.
- Huijing PA, van de Langenberg RW, Meesters JJ, Baan GC. *Extramuscular myofascial force transmission also occurs between synergistic muscles and antagonistic muscles*. J Electromyogr Kinesiol. 2007 Dec;17(6):680-9.
- Humphrey T. *The development of mouth opening and related reflexes involving the oral area of human fetuses*. Ala J Med Sci. 1968 Apr;5(2):126-57.
- Hyrtl J. *Onomatologia anatomica. Geschichte und Kritik der anatomischen Sprache der Gegenwart mit besonderer Berücksichtigung ihrer Barbarismen, Widersinnigkeiten, Tropfen und grammatikalischen Fehler*. Wilhelm Braumüller. Wien, 1880.
- Kameda Y. *Mash1 is required for glomus cell formation in the mouse carotid body*. Developmental Biology 283 (2005) 128-139.

- Kardon G. *Muscle and tendon morphogenesis in the avian hind limb*. Development. 1998 Oct;125(20):4019-32.
- Kardon G. *Development of the musculoskeletal system: meeting the neighbors*. Development. 2011 Jul;138(14):2855-9.
- Kassolik K, Jaskólska A, Kisiel-Sajewicz K, Marusiak J, Kawczyński A, Jaskólski A. *Tensegrity principle in massage demonstrated by electro- and mechanomyography*. J Bodyw Mov Ther. 2009 Apr;13(2):164-70.
- Katori Y, Kawase T, Ho Cho K, Abe H, Rodríguez-Vázquez JF, Murakami G, Fujimiya M. *Suprahyoid neck fascial configuration, especially in the posterior compartment of the parapharyngeal space: a histological study using late-stage human fetuses*. Clin Anat. 2013 Mar;26(2):204-12.
- Khafif-Hefetz A, Leider-Trejo L, Medina JE, Gil Z, Fliss DM. *The carotid sheath: an anatomicopathologic study*. Head Neck. 2004 Jul;26(7):594-7.
- Kim JH, Kinugasa Y, Hwang SE, Murakami G, Rodríguez-Vázquez JF, Cho BH. *Denonvilliers' fascia revisited*. Surg Radiol Anat. 2015 Mar;37(2):187-97.
- Kinoshita H, Umezawa T, Omine Y, Kasahara M, Rodríguez-Vázquez JF, Murakami G, Abe S. *Distribution of elastic fibers in the head and neck: a histological study using late-stage human fetuses*. Anat Cell Biol. 2013 Mar;46(1):39-48.
- Kitamura S. *Anatomy of the fasciae and fascial spaces of the maxillofacial and the anterior neck regions*. Anat Sci Int. 2017 Feb 28.
- Klinge U, Si ZY, Zheng H, Schumpelick V, Bhardwaj RS, Klosterhalfen B. *Collagen I/III and matrix metalloproteinases (MMP) 1 and 13 in the fascia of patients with incisional hernias*. J Invest Surg. 2001 Jan-Feb;14(1):47-54.
- Kostrubala JG. *Potential anatomical spaces in the face*. American Journal of Surgery. 1945;68(1):28-37.
- Krstic RV. *Illustrated Encyclopedia of Human Histology*. Springer-Verlag. 1984.
- Kumka M, Bonar J. *Fascia: a morphological description and classification system based on a literature review*. J Can Chiropr Assoc. 2012 Sep;56(3):179-91.
- Lancerotto L, Stecco C, Macchi V, Porzionato A, Stecco A, De Caro R. *Layers of the abdominal wall: anatomical investigation of subcutaneous tissue and superficial fascia*. Surg Radiol Anat. 2011 Dec;33(10):835-42.
- Lang J. *Clinical anatomy of the cervical spine*. New York: Thieme. 1993. p. 29.

- Langevin HM, Churchill DL, Cipolla MJ. *Mechanical signaling through connective tissue: a mechanism for the therapeutic effect of acupuncture*. FASEB J. 2001 Oct;15(12):2275-82.
- Langevin HM. *Connective tissue: A body-wide signaling network?*. Med Hypotheses. 2006;66(6):1074-7
- Langevin HM, Bouffard NA, Badger GJ, Churchill DL, Howe AK. *Subcutaneous tissue fibroblast cytoskeletal remodeling induced by acupuncture: evidence for a mechanotransduction-based mechanism*. J Cell Physiol. 2006 Jun;207(3):767-74.
- Langevin HM, Sherman KJ. *Pathophysiological model for chronic low back pain integrating connective tissue and nervous system mechanisms*. Med Hypotheses. 2007;68(1):74-80.
- Langevin HM, Huijing PA. *Communicating about fascia: history, pitfalls, and recommendations*. Int J Ther Massage Bodywork. 2009 Dec 7;2(4):3-8.
- Langevin HM, Stevens-Tuttle D, Fox JR, Badger GJ, Bouffard NA, Krag MH et al.. *Ultrasound evidence of altered lumbar connective tissue structure in human subjects with chronic low back pain*. BMC Musculoskelet Disord. 2009 Dec 3;10:151.
- Lebona GT. *The presence of paraganglia in the human ascending aortic fold: histological and ultrastructural studies*. J Anat. 1993 Aug; 183(Pt 1): 35–41.
- Levitt GW. *Cervical fascia and deep neck infections*. Laryngoscope. 1970 Mar;80(3):409-35.
- Levitt GW. *Cervical Fascia and Deep Neck Infections*. Otolaryngol Clin North Am. 1976 Oct;9(3):703-16.
- Lindner HH. *The anatomy of the fasciae of the face and neck with particular reference to the spread and treatment of intraoral infections (Ludwig's) that have progressed into adjacent fascial spaces*. Ann Surg. 1986 Dec;204(6):705-14.
- Lindsay M. *Fascia: clinical applications for health and human performance*. Delmar Cengage Learning, New York, 2008.
- Lippert H. *Anatomía. Estructura y Morfología del Cuerpo Humano*. 4ª Ed. Marban. Madrid, 2010.

- Macchi V, Tiengo C, Porzionato A, Stecco C, Vigato E, Parenti A, Azzena B, Weiglein A, Mazzoleni F, De Caro R. *Histotopographic study of the fibroadipose connective cheek system*. Cells Tissues Organs. 2010;191(1):47-56.
- Malgaigne JF. Manuel de médecine opératoire fondée sur l'anatomie normale et l'anatomie pathologique. Dumont, Bruxelles. 1834.
- Mancuso AA, Harnsberger HR, Muraki AS, Stevens MH. *Computed tomography of cervical and retropharyngeal lymph nodes: normal anatomy, variants of normal, and applications in staging head and neck cancer. Part II: pathology*. Radiology. 1983 Sep;148(3):715-23.
- Marconetto M, Parino E. *Il retinacolo inferiore degli estensori: anatomia normale, anatomia funzionale, utilizzo nelle plastiche legamentose*. Chir. Piede 2003; 27:101-105.
- Mauro M, Mauro C, Mauro M Jr. *Fasce e logge cervicali. Morfogenesi-funzione-anatomia chirurgica*. Tipografia Saverio Pipola, Napoli. 1966.
- McCombe, D, Brown T, Slavin J, Morrison WA. *The histochemical structure of the deep fascia and its structural response to surgery*. J Hand Surg Br. 2001 Apr;26(2):89-97.
- McManus JFA, Mowry RW. *Técnica histológica*. Madrid: Atika S.A. 1968.
- Meltzer KR, Cao TV, Schad JF, King H, Stoll ST, Standley PR. *In vitro modeling of repetitive motion injury and myofascial release*. J Bodyw Mov Ther. 2010 Apr;14(2):162-71.
- Mérida-Velasco JR, Rodríguez-Vázquez JF, Jiménez-Collado J. *Meckelian Articular Complex*. Eur. Arch. Biol. (Bruxelles). 1990 101:447-453.
- Micheletti L, Levi AC, Bogliatto F. *Anatomosurgical implications derived from an embryological study of the Scarpa's triangle with particular reference to groin lymphadenectomy*. Gynecol Oncol. 1998 Sep;70(3):358-64.
- Mihalache G, Indrei A, Tăranu T. *The anterolateral structures of the neck and trunk*. Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi. 1996 Jan-Jun;100(1-2):69-74.
- Miller DL, Craig WD, Haines GA. *Retropharyngeal parathyroid adenoma: precise preoperative localization with CT and arterial infusion of contrast material*. AJR Am J Roentgenol. 1997 Sep;169(3):695-6.

- Milz S, Benjamin M, Putz R. *Molecular parameters indicating adaptation to mechanical stress in fibrous connective tissue*. Adv Anat Embryol Cell Biol. 2005;178:1-71.
- Mirilas P, Skandalakis JE. *Surgical anatomy of the retroperitoneal spaces—Part I: embryogenesis and anatomy*. Am Surg. 2009 Nov;75(11):1091-7.
- Miura M, Kato S, Itonaga I, Usui T. *The double omohyoid muscle in humans: report of one case and review of the literature*. Okajimas Folia Anat Jpn. 1995 Aug;72(2-3):81-97.
- Miyake N, Hayashi S, Kawase T, Cho BH, Murakami G, Fujimiya M, Kitano H. *Fetal anatomy of the human carotid sheath and structures in and around it*. Anat Rec (Hoboken). 2010 Mar;293(3):438-45.
- Miyake N, Takeuchi H, Cho BH, Murakami G, Fujimiya M, Kitano H. *Fetal anatomy of the lower cervical and upper thoracic fasciae with special reference to the prevertebral fascial structures including the suprapleural membrane*. Clin Anat. 2011 Jul;24(5):607-18.
- Moore KL, Dalley II AF. *Anatomía con orientación clínica*. 5ª Ed. Editorial Médica Panamericana. México DF, 2007.
- Mosher H. *Deep cervical abscess and thrombosis of the internal jugular vein*. Laryngoscope. 1920 Jun;30:365-75.
- Mukherji SK, Castillo M. *A simplified approach to the spaces of the suprahyoid neck*. Radiol Clin North Am. 1998 Sep;36(5):761-80, v.
- Nash L, Nicholson HD, Zhang M. *Does the investing layer of the deep cervical fascia exist?* Anesthesiology. 2005 Nov;103(5):962-8.
- Natale G, Condino S, Stecco A, Soldani P, Mattioli-Belmonte M, Gesi M. *Is the cervical fascia an anatomical proteus?* Surg Radiol Anat (2015) 37:1119-1127.
- Nishiguchi T, Mochizuki K, Ohsawa M, Inoue T, Kageyama K, Suzuki A, Takami T, Miki Y. *Differentiating benign notochordal cell tumors from chordomas: radiographic features on MRI, CT, and tomography*. AJR Am J Roentgenol. 2011 Mar;196(3):644-50.
- O’Rahilly R, Müller F. *Developmental stages in embryos*. Carnegie Institution of Washington, n° 637, Washington, D.C. 1987.
- O’Rahilly R, Müller F. *Human embryology and teratology*. 2nd ed. New York: Wiley-Liss. 1996.

- Orts Llorca F. *Anatomía Humana*. 6ª Ed. Editorial Científico-Médica. Barcelona, 1986.
- Ozawa H, Soma K, Ito M, Ogawa K. *Liposarcoma of the retropharyngeal space: report of a case and review of literature*. Auris Nasus Larynx. 2007 Sep;34(3):417-21.
- Ozlugedik S, Ibrahim Acar H, Apaydin N, Firat Esmer A, Tekdemir I, Elhan A, Ozcan M. *Retropharyngeal space and lymph nodes: an anatomical guide for surgical dissection*. Acta Otolaryngol. 2005 Oct;125(10):1111-5.
- Paonessa DF, Goldstein JC. *Anatomy and Physiology of Head and Neck Infections (with emphasis on the fascia of the face and neck)*. Otolaryngol Clin North Am. 1976 Oct;9(3):561-80.
- Patra P, Gunness TK, Robert R, Rogez JM, Heloury Y, Le Hur PA, Leborgne J, Laude M, Barbin JY. *Physiologic variations of the internal jugular vein surface, role of the omohyoid muscle, a preliminary echographic study*. Surg Radiol Anat. 1988;10(2):107-12.
- Pilat, A. *Inducción miofascial. Aspectos teóricos y aplicaciones clínicas*. 1ª Ed. McGraw-Hill. Madrid, 2003.
- Piffer CR. *Mesoscopic and microscopic study of the carotid sheath*. Acta Anat (Basel). 1980;106(4):393-9.
- Poirier P, Charpy A. *Traité d'anatomie humaine*. Tome deuxième. Premier fascicule. 2ª ed. Masson, París, 1901.
- Rai R, Ranade A, Nayak S, Vadgaonkar R, Mangala P, Krishnamurthy A. *A study of anatomical variability of the omohyoid muscle and its clinical relevance*. Clinics (Sao Paulo). 2008 Aug;63(4):521-4.
- Raychaudhuri B, Cahill D. *Pelvic fasciae in urology*. Ann R Coll Surg Engl. 2008 Nov;90(8):633-7.
- Rodríguez-Vázquez JF, Mérida-Velasco JR, Verdugo-López S, Cuadra-Blanco C, Sanz-Casado JV. *Anatomical relationships of the cleidoatlanticus muscle. Interpretation about its origin*. Anat Sci Int. 2009;84(1-2):47-52.
- Romiti G. *Trattato di anatomía dell'uomo: manuale per medici e studenti*. F. Vallardi, Milán. 1892.
- Rouvière H. *Anatomie humaine descriptive et topographique*, Tome 1. 2ª Ed. Masson. Paris, 1927.

- Rouvière H, Delmas A. *Anatomía Humana*. 11^a Ed. Masson. Barcelona, 2005.
- Rowson D, Knight MM, Screen HR. *Zonal variation in primary cilia elongation correlates with localized biomechanical degradation in stress deprived tendon*. J Orthop Res. 2016 Dec;34(12):2146-2153.
- Sanchis-Alfonso V, Roselló-Sastre E. *Immunohistochemical analysis for neural markers of the lateral retinaculum in patients with isolated symptomatic patellofemoral malalignment. A neuroanatomic basis for anterior knee pain in the active young patient*. Am J Sports Med. 2000 Sep-Oct;28(5):725-31
- Sato T, Hashimoto M. *Morphological analysis of the fascial lamination of the trunk*. Bull Tokyo Med Dent Univ. 1984 Mar;31(1):21-32.
- Scali F, Nash LG, Pontell ME. *Defining the Morphology and Distribution of the Alar Fascia: A Sheet Plastination Investigation*. Ann Otol Rhinol Laryngol. 2015 Oct;124(10):814-9.
- Schleip R. *Fascial plasticity—a new neurobiological explanation: Part 1*. J Bodyw Mov Ther. 2003;7(1):11–19.
- Schleip R. *Fascial plasticity—a new neurobiological explanation: Part 2*. J Bodyw Mov Ther. 2003;7(2):104–116.
- Schleip R, Klingler W, Lehmann-Horn F. *Active fascial contractility: Fascia may be able to contract in a smooth muscle-like manner and thereby influence musculoskeletal dynamics*. Med Hypotheses. 2005;65(2):273-7.
- Schleip R, Naylor IL, Ursu D, Melzer W, Zorn A, Wilke HJ, Lehmann-Horn F, Klingler W. *Passive muscle stiffness may be influenced by active contractility of intramuscular connective tissue*. Med Hypotheses. 2006;66(1):66-71.
- Schleip R, Jäger H, Klingler W. *What is 'fascia'? A review of different nomenclatures*. J Bodyw Mov Ther. 2012 Oct;16(4):496-502.
- Schünke, M.; Schulte, E.; Schumacher, U. *Prometheus, Texto y Atlas de Anatomía*. 3^a Ed. Editorial Médica Panamericana.
- Shiraishi Y, Jin ZW, Mitomo K, Yamamoto M, Murakami G, Abe H, Wilting J, Abe SI. *Fetal development of the human gluteus maximus muscle with special reference to its fascial insertion*. Folia Morphol (Warsz). 2017 Jun 27.
- Standring S. *Anatomy. The Anatomical Basis of Clinical Practice*. 14^a Ed. Churchill Livingstone-Elsevier. 2008.

- Stecco A, Masiero S, Macchi V, Porzionato A, Stecco C, De Caro R, Ferraro C. *Le basi anatomiche del danno propriocettivo negli esiti di distorsione di caviglia*. Eur. Med. Phys. 2008 Jan;44: S1-S5.
- Stecco A, Macchi V, Stecco C, Porzionato A, Day JA, Delmas V, De Caro R. *Anatomical study of myofascial continuity in the anterior region of the upper limb*. J Bodyw Mov Ther. 2009 Jan;13(1):53-62.
- Stecco A, Macchi V, Masiero S, Porzionato A, Tiengo C, Stecco C, Delmas V, De Caro R. *Pectoral and femoral fasciae: common aspects and regional specializations*. Surg Radiol Anat. 2009 Jan;31(1):35-42.
- Stecco A, Stecco C, Macchi V, Porzionato A, Ferraro C, Masiero S, De Caro R. *RMI study and clinical correlations of ankle retinacula damage and outcomes of ankle sprain*. Surg Radiol Anat. 2011 Dec;33(10):881-90.
- Stecco C, Gagey O, Belloni A, Pozzuoli A, Porzionato A, Macchi V, Aldegheri R, De Caro R, Delmas V. *Anatomy of the deep fascia of the upper limb. Second part: study of innervation*. Morphologie. 2007 Mar;91(292):38-43.
- Stecco C, Porzionato A, Lancerotto L, Stecco A, Macchi V, Day JA, De Caro R. *Histological study of the deep fasciae of the limbs*. J Bodyw Mov Ther. 2008 Jul;12(3):225-30.
- Stecco C, Pavan PG, Porzionato A, Macchi V, Lancerotto L, Carniel EL, Natali AN, De Caro R. *Mechanics of crural fascia: from anatomy to constitutive modelling*. Surg Radiol Anat. 2009 Aug;31(7):523-9.
- Stecco C, Macchi V, Porzionato A, Duparc F, De Caro R. *The fascia: the forgotten structure*. Ital J Anat Embryol. 2011;116(3):127-38.
- Stecco C, Stern R, Porzionato A, Macchi V, Masiero S, Stecco A, De Caro R. *Hyaluronan within fascia in the etiology of myofascial pain*. Surg Radiol Anat. 2011 Dec;33(10):891-6.
- Stecco C, Sfriso MM, Porzionato A, Rambaldo A, Albertin G, Macchi V, De Caro R. *Microscopic anatomy of the visceral fasciae*. J Anat. 2017 Jul;231(1):121-128.
- Stecco L, Stecco C. *Fascial Manipulation: Practical Part*. Piccin, Padova, 2009.
- Swerup C, Rydqvist B. *A mathematical model of the crustacean stretch receptor neuron. Biomechanics of the receptor muscle, mechanosensitive ion channels, and macrotransducer properties*. J Neurophysiol. 1996 Oct;76(4):2211-20.

- Taguchi T, Hoheisel U, Mense S. *Dorsal horn neurons having input from low back structures in rats*. Pain. 2008 Aug 15;138(1):119-29.
- Temiyasathit S, Jacobs CR. *Osteocyte primary cilium and its role in bone mechanotransduction*. Ann N Y Acad Sci. 2010 Mar;1192:422-8.
- Tesarz J, Hoheisel U, Wiedenhöfer B, Mense S. *Sensory innervation of the thoracolumbar fascia in rats and humans*. Neuroscience. 2011 Oct 27;194:302-8.
- Testut L. *Traité d'anatomie Humaine*, Tome 3. 1^a ed. Gaston Dooïn, Paris, 1902.
- Testut L, Latarjet A. *Tratado de Anatomía Humana*. 9^a Ed. Salvat. Barcelona, 1983.
- Tham IW, Hee SW, Yap SP, Tuan JK, Wee J. *Retropharyngeal nodal metastasis related to higher rate of distant metastasis in patients with N0 and N1 nasopharyngeal cancer*. Head Neck. 2009 Apr;31(4):468-74.
- Tutusaus, Potau. *Sistema fascial. Anatomía, valoración y tratamiento*. 1^a Ed. Editorial Médica Panamericana, Barcelona 2015.
- Vieira F, Allen SM, Stocks RM, Thompson JW. *Deep Neck Infection*. Otolaryngol Clin North Am. 2008 Jun;41(3):459-83.
- Von Hagens G, Tiedemann K, Kriz W. *The current potential of plastination*. Anat Embryol (Berl). 1987;175(4):411-21.
- Wilkinson RS, Fukami Y. *Responses of isolated Golgi tendon organs of cat to sinusoidal stretch*. J Neurophysiol. 1983 Apr;49(4):976-88.
- Yahia LH, Rhalmi S, Newman N, Isler M. *Sensory innervation of human thoracolumbar fascia. An immunohistochemical study*. Acta Orthop Scand. 1992 Apr;63(2):195-7.
- Yahia LH, Pigeon P, DesRosiers EA. *Viscoelastic properties of the human lumbodorsal fascia*. J Biomed Eng. 1993 Sep;15(5):425-9.
- Yucesoy CA, Maas H, Koopman BH, Grootenboer HJ, Huijing PA. *Mechanisms causing effects of muscle position on proximo-distal muscle force differences in extra-muscular myofascial force transmission*. Med Eng Phys. 2006 Apr;28(3):214-26.
- Zhang M, Lee AS. *The investing layer of the deep cervical fascia does not exist between the sternocleidomastoid and trapezius muscles*. Otolaryngol Head Neck Surg. 2002 Nov;127(5):452-4.

Ziolkowski M, Marek J, Oficjalska-Mlynczak J. *The omohyoid muscle during the fetal period in man*. Folia Morphol (Warsz). 1983;42(1):21-30.

APÉNDICE 1

APÉNDICE 1

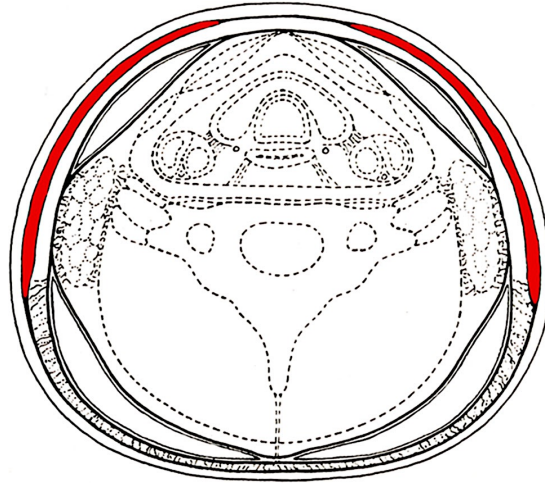


Figura 74. En rojo: fascia superficial y platisma. Tomada de: Natale et al. (2015), modificada de Mauro et al. (1966).

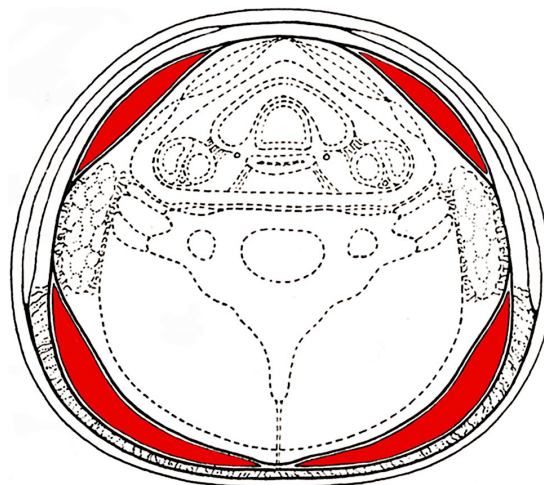


Figura 75. En rojo: compartimento superficial formado por los músculos esternocleidomastoideos y trapecios. Tomada de: Natale et al. (2015), modificada de Mauro et al. (1966).

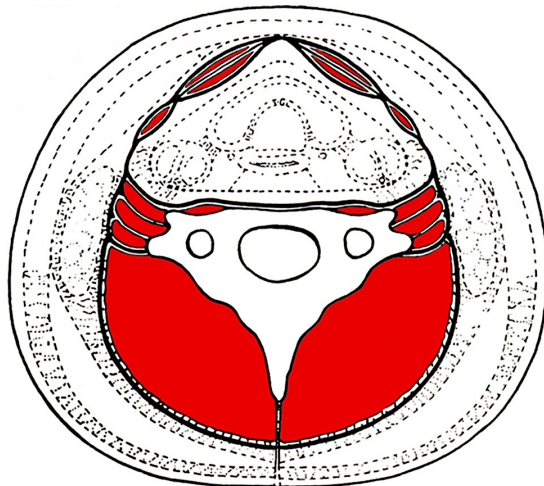


Figura 76. En rojo: compartimentos medio y profundo formados por los músculos infrahioideos, prevertebrales, escalenos y los de la región de la nuca. Tomada de: Natale et al. (2015), modificada de Mauro et al. (1966).

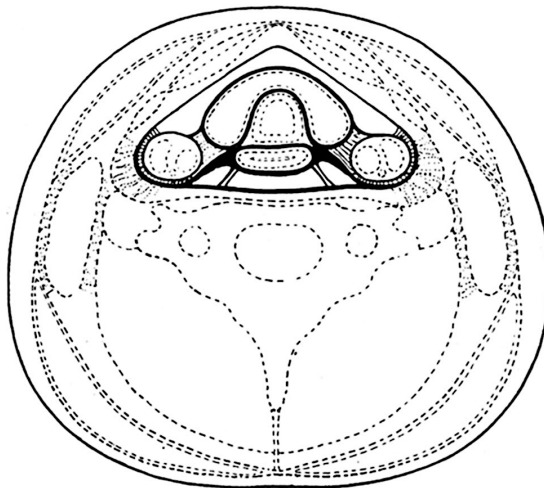


Figura 77. Eje visceral y paquetes vasculonerviosos. Tomada de: Natale et al. (2015), modificada de Mauro et al. (1966).

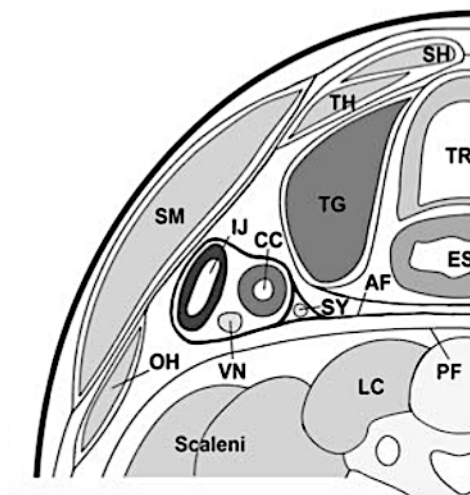


Figura 78. Esquema de la conformación de las fascias de Grodinsky y Holyoke (1938). Tomada de: Hayashi (2007). AF: Fascia alar; CC: Arteria carótida común; ES: Esófago; IJ: Vena yugular interna; LC: Músculo largo del cuello; OH: Músculo omohioideo; PF: Fascia prevertebral; SH: Músculo esternohioideo; SM: Músculo esternocleidomastoideo; SY: Cadena simpática cervical; TG: Glándula tiroides; TH: Músculo tirohioideo; TR: Tráquea; VN: Nervio vago.

APÉNDICE 2

APÉNDICE 2

A	Cartílago aritenoides	EA	Músculo Escaleno Anterior	LK	Músculo Largo de la cabeza	SC	Músculo Semiespinoso de la Cabeza
AC	Arteria Carótida	EC	Músculo Esternocleido-mastoideo	LL	Laguna linfática cervical	SM	Glándula submandibular
Ao	Arteria aorta	EE	Músculo Elevador de la Escápula	LS	Nervio Laríngeo Superior	SQ	Músculo Semiespinoso del Cuello
AS	Arteria Subclavia	EF	Músculo Estilofaríngeo	LV	Ligamento longitudinal anterior	T	Tráquea
AT	Arteria Tiroidea Inferior	Eg	Epíglotis	M	Médula Espinal	TH	Músculo Tirohioideo
AV	Arteria Vertebral	EH	Músculo Esternohioideo	NF	Nervio Frénico	Ti	Glándula Tiroides
B	Raíces del plexo braquial	EM	Músculo Escaleno Medio	NR	Nervio Laríngeo Recurrente	Tm	Timo
C	Clavícula	EP	Músculo Escaleno Posterior	OH	Músculo Omohioideo	Tr	Músculo Trapecio
CAP	Músculo Cricoaritenoides Posterior	Es	Músculo Esplenio	P	Platisma	TS	Pedículo Tiroideo Superior
CC	Cartílago Cricoides	Est	Esternón	PD	Pulmón derecho	V	Cuerpo vertebral
CE	Arteria Carótida Externa	ET	Músculo Esternotiroideo	PI	Pulmón izquierdo	VB	Vena braquiocefálica
CI	Arteria Carótida Interna	F	Faringe	PT	Glándula Paratiroides	VS	Vena supraescapular
Co	Costilla	FS	Fascia subcutánea	PV	Músculos Prevertebrales	VYI	Vena Yugular Interna
CS	Vena cava superior	G	Glomus carotídeo	PVN	Paquete vasculonervioso del cuello	X	Nervio Vago
CT	Nervio Cervical Transverso	H	Hueso hioides	R	Cartílago de Reichert	XII	Nervio Hipogloso
CTi	Cartílago Tiroides	L	Laringe	RH	Ramo descendente del N. Hipogloso	YA	Vena Yugular Anterior
DT	Conducto torácico	LC	Músculo Largo del Cuello	RM	Músculo Romboideo menor	YE	Vena Yugular Externa
E	Esófago	Le	Lengua	S	Simpático Cervical		

Tabla 5. Abreviaturas utilizadas en las figuras.